

國立政治大學教育學院教育學系
碩士論文

指導教授：洪煌堯 博士

學習社群在電腦支援合作學習環境中的
知識共構——以自然科學史為例

Learning community constructing their
knowledge of natural science history in a
computer-supported collaborative learning
environment

研究生：吳佳蓉 撰

中華民國九十九年九月

謝誌

2010 年的夏末，我的碩士論文即將來到尾聲，這代表我的研究生生活、學生生涯也即將暫時告一段落。回想二十幾年的學生生涯，在最後這兩年，埋首於學術研究領域，能夠不再只是以消費知識的身分，而是以生產知識的研究生身分，生產一本屬於自己的作品，作為我學生生涯的句號，真的是非常不容易但也是讓人不禁自傲的一件美事。

謝謝幫助我完成這篇論文的每一個人。本篇論文能夠順利完成，單憑一己之力絕非可能，首先最要感謝的是我的指導教授洪煌堯教授。我覺得當洪老師的學生是非常幸福的一件事，老師真的非常關心學生，不管是課業或是日常生活，都能夠感受到老師對學生的用心。從碩一下跟著老師修課、投稿、直至完成論文，每篇 paper、論文的每字每句，老師都很用心的幫忙修改，如果沒有老師的帶領與鼓勵，我也不可能有機會在碩士生活中至美國參加國際級學術研討會。老師您所要傳達給我們的理念、隱藏在您的幽默談諧下的智慧、這兩年給予的關懷備至，都令我衷心感到老師對學生的一片誠心，念茲在茲，佳蓉深切感謝，銘記於心。此外也要感謝口試委員陳斐卿老師、陳志銘老師，謝謝兩位老師的寶貴意見與提點鼓勵，讓學生的論文能夠更成熟更完整。

謝謝這兩年來陪在我身邊一起同甘共苦的好姊妹喻涵。這兩年的研究生生活，有了妳才不孤單，原本害怕的研究生生活，因為有妳一起作伴才能夠順利度過，一起想研究、一起找資料、一起發表論文、一起玩樂，想到我的研究生生活，就能想到妳，我的研究生生活有妳才算完整。還要謝謝整個轟團隊的夥伴們，博賢、靜宜、雯靜、書平、宇慧、炫臻，每週的歡樂咪挺時間，跟著老師一起知識翻新，會成為我這輩子很美好的回憶。

最後謝謝我親愛的家人，因為有父母作為我的後盾，我才能無後顧之憂地完成學業，雖然我從小就是個不愛讀書的孩子，因為你們對孩子不求回報的付出與栽培，我才會堅持完成碩班學業，您們給我的是最無私、最偉大的愛。辛苦了！我的爸爸、媽媽，謝謝您們。

謝謝每一個在我完成論文期間幫助過我、陪伴過我的每一個人。

吳佳蓉 謹誌於國立政治大學 2010.09

摘要

為協助學生發展更主動與合作的學習方式，透過「學習社群」(learning community)以共構知識，本研究運用以知識翻新 (knowledge-building) (Scardamalia, 2002) 理念為基礎所建立的數位學習環境—知識論壇 (Knowledge Forum) —進行教學。研究目的主要在於探究學生如何透過數位學習平台以進行合作學習、並共構自然科學史知識。研究對象為修習自然科學基礎課程的大學生 (N=42)。教學目標主要在幫助學生瞭解自然科學的內涵與歷史發展，並希望藉由知識分享與共構活動讓學生在平台上合作建構科學史。資料來源主要為：(1) 授課教師和學生在知識論壇平台上的活動紀錄；(2) 學生在知識論壇平台上的貼文與討論；(3) 學生共構的科學故事；以及 (4) 學生對自我學習歷程的期末反思。資料分析主要透過：(1) 描述統計—以計算學生在平台上所共構的科學史故事數目貼文數、回文數、與文章閱讀百分比等；(2) 內容分析法—以分析教師如何營造知識翻新環境和學生如何發展對科學理論的理解；以及 (3) 史皮爾曼等級相關分析—以瞭解學生在知識論壇上的活動情形與期末反思強度間之相關性。研究結果發現：(1) 以知識翻新原則為取向的課程設計有助於促進學生主動學習；(2) 學習社群集體共構科學史可以促進學習者以較宏觀的視野看待科學史；(3) 提供合作學習與知識翻新環境(即知識論壇平台)能有效幫助學習者共負集體合作的責任；以及 (4) 使用知識論壇平台有助於學習者進行更有效益的集體知識建構活動。本研究根據研究結果提出以下幾點建議以供未來有興趣進行知識創新教學的教師之參考：(1) 教師應適當採用彈性的課程設計、同時避免過度使用傳統劇本式教學，以培養學生主動學習的習慣；(2) 教師應讓學生學習如何面對較彈性、多元的學習內容，使其對某一學習主題可以有機會做更深層的理解；(3) 教師應為學生營造知識共構的學習環境，協助學習者創建集體知識；以及 (4) 教師應善用電腦支援合作學習環境的相關工具以協助學習者進行知識共構與翻新。

關鍵詞：電腦支援合作學習、科學史、知識共構、知識翻新

Abstract

The purpose of this research is to help students attain a deeper understanding of natural science history by means of collaborative knowledge building in an online environment called “Knowledge Forum” (KF). Participants were 42 undergraduates who took a basic course called “Introduction to Natural Sciences.” The instructional goal of this course was twofold: (1) to enhance students’ understanding about the history of natural sciences and, (2) more importantly, to engage students in more pro-active and collaborative learning in a learning community, and to collectively co-construct natural science history.

Data mainly came from four sources: (1) community members’ (including both the teacher and students) online activities recorded in a KF database, (2) students’ online posting and discussion, (3) the natural sciences related stories constructed by students, and (4) students’ reflection on their own learning processes assessed at the end of the semester. Data analyses primarily include: (1) descriptive statistics, (2) content analysis (3) spearman correlational analysis.

The main findings were as follows: (1) knowledge-building helped students engage in a more self-directed learning, (2) engaging students in collaborative knowledge construction enabled them to see natural sciences history in a more macroscopic view, (3) KF as a collaborative learning environment provided students with opportunities to take more collective cognitive responsibility, (4) KF is beneficial to facilitating more effective collective knowledge construction among students.

Based on the results of this research, the reseracher made the following suggestions as references for teachers who are interested in knowledge building: (1) teachers should emply more flexible course design, instead of adopting script teaching, in order to promote self-directed learning and knowledge building, (2) teachers should assist students in advancing deeper

comprehension of natural science history by allowing more flexible and emergent curricular design, (3) teachers should help create a collaborative knowledge building and learning environment in order to help students advance collective knowledge, and (4) teachers should make good use of computer-supported learning environments and related tools to help create learning environments conducive to collaborative knowledge construction and knowledge-building.

Keywords: CSCL, natural sciences history, knowledge construction, knowledge building



目錄

摘要.....	i
Abstract.....	ii
第一章 緒論.....	1
第一節 研究動機與研究目的.....	1
第二節 研究問題.....	5
第三節 重要名詞釋義.....	6
第四節 研究範圍與限制.....	8
第二章 文獻探討.....	9
第一節 科學理論與科學史.....	9
第二節 學習社群與知識共構.....	12
第三節 電腦支援合作學習.....	19
第四節 知識翻新理論與其相關研究.....	26
第三章 研究方法.....	32
第一節 研究架構.....	32
第二節 研究設計.....	33
第三節 學習與教學環境.....	36
第四節 實施程序.....	39
第五節 資料蒐集與資料分析.....	41
第四章 研究結果與討論.....	49
第一節 學習社群成員在知識論壇平台上的活動情形.....	49
第二節 學生在電腦支援合作學習環境中的知識共構歷程與結果.....	53
第三節 學生期末反思情形及其與知識共構歷程間的相關性.....	77
第五章 結論與建議.....	85
第一節 結論.....	85
第二節 建議.....	88
參考文獻.....	92

表目錄

表 2-1 不同科學本質觀的學生對科學的認識	10
表 3-1 授課教師的註解文章編碼與舉例	43
表 3-2 學生知識共構歷程三階段	44
表 3-3 學生期末反思之編碼及舉例	47
表 4-1 授課教師在知識論壇平台上的活動情形	49
表 4-2 學習社群成員在知識論壇平台上的詳細活動情形	52
表 4-3 學生知識共構歷程階段一	55
表 4-4 學生知識共構歷程階段二	57
表 4-5 rise-above 文章列表	61
表 4-6 故事貼文提及的科學家及科學理論總數	63
表 4-7 學生期末反思之人次表	78
表 4-8 學生在知識論壇平台上的活動情形與期末反思強度之關係 ..	82
表 4-9 學生在知識論壇平台上的活動情形與期末反思各類別強度 ..	83

圖目錄

圖 3-1 本研究之理論架構模式.....	32
圖 3-2 學生在知識論壇上的學習介面	36
圖 3-3 知識論壇發表文章的介面.....	37
圖 3-4 知識論壇的鷹架設計.....	38
圖 3-5 知識論壇 rise-above 介面	38
圖 3-6 研究整體實施程序圖.....	40
圖 3-7 關係連線方式步驟一.....	45
圖 3-8 關係連線方式步驟二	46
圖 3-9 關係連線方式步驟三	46
圖 4-1 學生知識共構歷程階段二.....	59
圖 4-2 rise-above 文章列表.....	60
圖 4-3 學生知識共構歷程階段三.....	62
圖 4-4 兩位學生理論故事關係圖.....	73
圖 4-5 學生共構科學史	74
圖 4-6 學生集體共構科學史演化圖.....	76

第一章 緒論

「集體的智慧會超過傳統專家的智慧。」

-- James Surowiecki (索羅維基, 2005)

「下一個網際網路世代的本質：合作與溝通的科技正在促成價值創造的民主化。」

-- 錢伯斯, 思科系統公司總裁兼執行長
(唐·泰普史考特、安東尼·威廉斯, 2007)

電腦資訊科技與網際網路的蓬勃發展和廣泛普及, 不僅突破了傳統時空的概念, 也超越了區域性的文化差異, 讓世界上不同文化背景、不同地點、與不同時區的人們能夠更緊密地聯繫起來。透過網路科技, 集體學習不再受限於同一時間與空間, 「網路學習社群」(learning community) 成為「線上學習」成功的關鍵 (王千倬, 民 90; Palloff & Pratt, 2001)。教育與資訊科技之結合儼然成為教育新潮流, 當前「資訊科技融入教學」的教育新趨勢, 也掌握網際網路突破時空限制之優勢, 強化「線上學習」, 使得線上學習正逐漸成為知識時代的一種重要學習方式, 而學習社群在電腦支援合作學習 (computer-supported collaborative learning, CSCL) 的發展下, 也逐步成為協助學習者開展「合作學習」(collaborative learning)、「知識共構」(knowledge construction) 與「知識翻新」(knowledge building) 的理想學習模式。

第一節 研究動機與研究目的

壹、研究動機

一、電腦支援合作學習的重要性

傳統的學習方式主要都是以個體為中心, 然而學者們卻也指出, 在知識社會的影響下, 未來的學習方式將會更重視學習者間團體合作的學習方

式 (Stahl, Koschmann, & Suthers, 2006)。合作學習已成為近年來專家學者們所倡導的主要學習方式之一。合作學習是一種具有系統性與結構性的教學策略。比如，學生可以在異質性分組中共同分享個人的經驗，或小組成員在互助與合作過程中可以提升相互依賴感以達到團體目標並共享成果 (Johnson & Johnson, 1994; Slavin, 1995; Sharan & Shaulov, 1990)。然而在教學實證中，合作學習也碰到一些困難與瓶頸，阻礙學習效益，影響學生學習成效，例如有些成員被忽略、無法統整意見、搭便車現象、缺乏小組工作技巧等 (DeLap, 1999; Johnson & Johnson, 1994; 黃政傑、林佩璇, 1996; 張秀雄、吳美嬌、劉秀嫻, 1999)。隨著近年來科技的快速進步，教育專家們也開始嘗試尋找另外的管道，運用科技來支援並提昇學習的成效 (Kirschner, 2002)。比如，有一些學者開始透過相關電腦支援合作學習 (computer supported collaborative learning, CSCL) 的研究，以嘗試解決上述阻礙合作學習效益的因素，促使學生更能融入學習活動中，進而提昇合作學習的效能 (Gay, Stefanone, Grace-Martin, & Hembrooke, 2001; Zurita & Nussbaum, 2004; Roschelle, 2006)。

Clark & Linn (2003) 指出，CSCL 最主要的目標是幫助學習者進行知識整合 (knowledge integration)。當學生進入科學探索的歷程中，面臨不同科學現象而產生歧異、衝突、疑惑的想法時，學生必需從學習和經驗中新增想法、找出相異的想法、增加有意義的想法，然後嘗試學會整合新舊想法，並在統整出一致性的想法之後，能夠在新的情境中整合運用。CSCL 具備電腦網路的彈性與優點，使學生們可以不再受限於空間與時間，隨時可以進行小組間的討論與分享等合作性學習活動，因此可以排除阻礙傳統合作學習的因素 (Silva & Breuleux, 1994)，使學生們在開展合作學習的時候能夠維持高度的互動。而學生們在透過同儕間的互動中，則可以從問題表達、議題探索、相互合作、以及觀察他人如何學習的過程中做更深入的學習，並且使彼此獲得的知識能緊密地結合起來。CSCL 已逐漸在台灣的教學現場受到注目，也讓學習典範正朝向合作與知識共構的方向在前進。

二、團隊合作的力量--集體智慧

根據 Cheers 雜誌在 2009 年 5 月所公佈的「台灣 1000 大企業人才策略

與最愛大學生」調查中發現，企業主最重視的前三項能力分別為學習意願強可塑性高、穩定度與抗壓性高、以及良好團隊合作能力；無獨有偶，商業周刊在 2009 年 2 月也報導過聯合國經濟合作暨發展組織（OECD）所提出一份報告：〈關鍵能力的定義與選擇〉（Definition and Selection of Key Competencies），架構未來人才必備三大關鍵能力：一、「人際」能力：包括，與他人一同學習、生活、工作；尊重、欣賞他人文化與價值觀等。二、「自我負責」能力：包括將夢想化為行動的能力等。三、「活用知識」能力：包括活用知識與資訊的能力（蒐集、分析、組織、判斷、選擇）；活用新科技並使之與生活結合的能力（如電腦、網路、視訊、網路社群、網路行銷、遠距學習等）。近年來在全球各地盛行、提供一個智慧匯集的平台--「世界咖啡館」（詳細資料請至世界公民網站查詢，<http://www.worldcafe.org.tw/prospect.htm>），便是一種集合團隊合作的力

量，展現新型態的集體智慧匯集方式，透過匯集眾人的集體智慧產生一股整合的創新能量，並且對未來產生改變的行動力。由此我們可以發現具備「團隊合作」與運用「集體智慧」的能力是決勝未來的重要關鍵。然而，台灣的學生是否已具備團隊合作的關鍵能力？是否在學習過程中展現集體智慧？

哈佛大學教育改變領導小組計畫主持人華格納（Tony Wagner），因其著作「全球成就鴻溝」（The global achievement gap）曾躍上亞馬遜網路書店教育類排行榜亞軍而受到各方的注目，他在今年 3 月份接受商業周刊的訪問。專訪中他指出，造成「成就鴻溝」的原因乃源於學校所學及所測驗的能力，和 21 世紀工作場域上需要的能力有極大的斷層和裂痕（引自教師專業發展通訊，2009）。傳統的教育方式以個人為中心也只注重個人學習成就，在班級上學生各自學習沒有互動、測驗方式也只注重個人成就的提升，「個人專業能力與技術」大多是學校首重培養的目標，也是教師們在課堂中最易規劃及評量中最易檢測的項目，這與未來社會所需人才必備條件—「團隊合作的能力」大相逕庭，學生在學習時容易陷入「只要專注提升個人學習成就的學習、獨立自主達到目標」的窠臼，認為知識是個人專屬的，無法透過分享知識、共同建構知識的方式來學習。因此，團隊合作能力該如何培養及評量、學生如何運用合作學習開展集體智慧是教育上亟需思考的問題。

三、解析團體知識共構歷程

CSCL 讓學習與科技產生了交互作用，也讓我們對學習產生了新的思考方向。CSCL 強調學生之間的互動合作，他們不只是孤立地對貼出的文章作出反應，學習中很大的一部分是在學生的互動之中實現的，學生透過表達問題、一起探索，互相教導對方以及觀察他人如何學習，從而一起達到更好的學習效果(Stahl et al., 2006)。在這種情況之下，學習方式不只是從個人學習逐漸朝向團體合作學習，研究的單位也從個人轉變為群體，知識共構與翻新(collaborative knowledge construction and building) (Scardamalia & Bereiter, 1991)在此時逐漸蓬勃發展。而團體成員如何在 CSCL 環境的支援下共構知識、建立專屬於此社群的團體認知歷程正是令我感到好奇的議題。透過解析團體知識共構的歷程，讓知識共構歷程透明化，可以了解知識如何在知識共構過程中產生與獲取，讓教師針對該歷程進行有效的教學設計，促進知識翻新的實現。

綜上所述，為協助學生發展不同以往的學習方式，培養以「社群」為單位的學習環境，並透過共同建構知識的歷程以對於知識的基本單位--「意義」--產生較深層的理解，本研究在教學設計上提供了學生一個以知識翻新(knowledge building)教育理念為核心所建立的知識學習環境。希望透過知識翻新教學方式來幫助學生共同建構知識，讓學習者的觀點能充分碰撞、進而形成集體智慧。研究者期能使用 CSCL 環境的學習優勢，讓學生在進入工作職場之前，能夠培養未來工作世界所需的團隊合作關鍵能力，在知識共構的歷程中衍生集體智慧。

貳、研究目的

根據研究動機，本研究的主要目的為探討學習社群成員在電腦支援合作學習環境中的知識共構情形。詳細研究目的如下：

一、了解學習社群成員(含授課教師與學生)在知識論壇線上學習平台中之

- 活動情形。
- 二、探究學習社群中的主要成員—學生—在知識論壇平台上之知識共構歷程與成果。
 - 三、分析學生在知識論壇平台上知識共構過程對其自身之影響情形。

第二節 研究問題

依據研究動機與目的，本研究提出以下待答問題，以探討電腦支援合作學習環境對學生知識共構的影響。

壹、學習社群成員在知識論壇學習平台中之活動情形為何？

- 一、探討學習社群成員中的主要知識引導者—授課教師—在知識論壇平台上發表文章總次數為何？
- 二、探討授課教師在知識論壇平台上閱讀貼文百分比為何？
- 三、探討授課教師在知識論壇平台上註解文章數為何？
- 四、探討學習社群中的主要成員—學生—在知識論壇平台上發表文章總次數為何？
- 五、探討學生在知識論壇平台上閱讀貼文次數為何？
- 六、探討學生在知識論壇平台上修改貼文次數為何？
- 七、探討學生在知識論壇平台上回覆貼文次數為何？
- 八、探討學生在知識論壇平台上註解文章數為何？
- 九、探討學生在知識論壇平台上貼文連結百分比為何？

貳、學習社群主要成員（學生）在電腦支援合作學習的數位平台中知識共構歷程與結果為何？

- 一、探討學生在知識論壇平台上共構科學史歷程的演化情形為何？
- 二、探討學生知識共構成果（即科學史故事）中科學家與科學理論被論

及的頻率為何？

- 三、 探討學生個別建構其科學史故事的情形為何？
- 四、 探討學生知識共構成果中之科學史網絡圖為何？
- 五、 探討學生知識共構成果之科學史演化圖為何

參、學習社群主要成員—學生—在電腦支援合作學習的數位平台中知識共構歷程對其自身之影響情形為何？

- 一、 探討學生的期末反思情形？
- 二、 探討學生在知識論壇平台上活動情形與期末反思情形之關連性？
- 三、 探討學生在知識論壇平台上的活動情形與期末反思中各類別之關連性為何？

第三節 重要名詞釋義

為使論文中所使用名詞能前後一致，並讓本研究的探討更加清晰明確，以及便於瞭解研究主題與陳述說明，茲將本研究中所涉及之重要名詞詮釋與操作型定義，分別界定如下：

壹、學習社群

學習社群 (learning community) 的觀念不僅僅是在一起學習或合作學習而已，學習社群最核心的精神是在於參與者能否分享知識、溝通互動，也就是社群成員相互之間的社會化互動，且社群焦點問題包括協商後的共識建立和共享成果。在本研究，學習社群是指一群探索問題，透過與社群成員互動分享，強化個人學習進而促進團體知識的人 (Collins & Bielaczyc, 1997)。

貳、電腦支援合作學習

傳統合作學習為分工式的合作學習 (cooperative learning)，本研究的合作學習 (collaborative learning) 為同儕幫助彼此學習，鼓勵學生分享資源與互助合作，並且能在批判與修正中分享彼此的看法，最後共享成果，並且在此合作的學習情境中培養更多的合作行為。而電腦支援合作學習 (computer supported collaborative learning, CSCL) 意指小組成員能夠在一個應用系統的支援下，分別使用不同的電腦進行資訊交換與分享，進而達到合作學習的目標 (Tomlinson & Henderson, 1995)。CSCL 延伸傳統教室的合作學習，提供學習者跨領域、跨學科的學習環境，讓學生透過電腦網路環境建構知識、整合想法，在與同儕的互動中使彼此的知識緊密結合，促進學習社群對於意義與知識產生更深層的理解，並且進一步達到知識共構與翻新。

參、知識共構

在 CSCL 環境的支援下，社群成員即使對同一問題也可能會有不同的觀點與理解，因此經過不斷討論、激盪、辯證中，最後建立一個屬於此社群的團體認知 (group cognition) 的歷程 (Stahl, 2006)，亦即合作知識建構 (collaborative knowledge construction)。合作知識建構也稱知識共構，它可以看作是對不斷精緻的認知和文字語言形成的意義網路的逐漸建構與發散，而這個過程在成員的合作交互中發生 (莊慧娟、柳嬋娟, 2008)。因為 CSCL 的發展讓學習發展有了新方向，知識共構基本上可以當作是學習社群共同合作建構知識、深化理解意義的歷程，知識意義的產出不是個人能力的展現，而是在社群互動中讓個人與他人產生連結且交織而成。

肆、知識論壇平台

知識論壇 (Knowledge Forum, KF) 為一數位學習平台，其設計基礎係植基於知識翻新理論 (knowledge-building)，希望使用者藉由對知識訊息的建構，以促成社群成員集體共構知識與合作 (Scardamalia, 2004)。本研究之知識論壇平台乃指某國立大學開設自然科學相關課程之基礎課程所

使用的數位學習平台。

第四節 研究範圍與限制

本研究主要以內容分析法(content analysis)與社會網絡分析法(social network analysis)二種研究方法為主，並針對台灣某國立大學學生進行研究分析，本研究在有限的時間、人力、經費、受試者等因素影響下，僅就以下研究範圍進行研究限制的討論。

壹、研究對象

本研究以台灣某國立大學修習「自然科學概論」課程的 42 位大學生為研究對象，其大學之學生在課業的表現相較於其他大學是屬於較高水平。大一新生想要進入該大學，必須在基本學科能力考試成績排行需要在全國學生成績前 5%，才有資格進入此學校，且這 42 位大學生皆為同一學系，故不宜過度推論到所有學生。

貳、研究內容

本研究內容以了解學生整學期學習後，對於自然科學史的了解與課程期末反思為主要議題。分析研究對象在數位學習平台上所發表的文章，輔以學生在課堂上的表現以及學習態度做參考，但是不包含學生對平台的滿意度、與同組成員的友誼等，因此對於研究結果不宜過度推論。

參、研究方法

本研究主要採取內容分析法進行，但僅針對資料中的一部分進行分析，且尚有干擾變項(如學期中有參與其他課程)未排除之研究限制，後續的研究將可設立對照組作更進一步分析研究。

肆、研究變項

影響學生學習的因素非常多，如授課教師之教師信念、教師教學風格、學生學習動機、學生學習風格，或是對於資訊科技使用的素養等都會造成影響，但限於時間及人力，無法一一探討，僅選擇研究變項加以研究。

第二章 文獻探討

本章旨在析述科學理論與科學史、學習社群與知識共構、電腦支援合作學習、知識翻新理論之相關研究，共分為四節。首先了解科學史與科學理論的本質，接著探討學習社群與知識共構的關係，然後探究本研究中使用之合作學習及電腦支援式學習環境之概要，最後探究新的學習典範「知識翻新理論」，希冀藉由文獻探討對本研究的理論基礎更加了解。

第一節 科學理論與科學史

壹、科學本質與科學理論本質

科學本質並無一套準則可用來界定（Alters, 1997; Lederman, Wade & Bell, 2000; McComas, Clough & Almazroa, 2000; Meichtry, 1999），不同的學者或機構對科學本質範疇的界定至今仍有所差異。初期學者們比較注重科學知識本質探討的部分（郭鴻銘、沈清嵩，1976; Rubba & Anderson, 1978; Welch, 1966），晚近有關科學本質內涵的論述，除了科學知識的本質之外，也納入以下議題：科學的目的、科學方法、科學過程、科學事業、科學家，以及科學理論與定律。（翁秀玉、段曉林，1997; AAAS, 1989; Aikenhead, Fleming & Ryan, 1987; Collette & Chiapetta, 1994; NAEP, 1989; Palmquist, 1993）。本研究之主要目的並非為釐清科學本質的內涵，為了使研究的進行有脈絡可循，本研究進行的焦點凝聚在科學理論與定律。過去研究指出，很多學生認為科學是一本有證據力的百科全書，是固定的事實，而不認為科學是一種連續的、尋找答案的動態過程。換言之，學生認為科學是客觀的，科學知識的改變是因為科學技術發展所致，而不是因為觀點差異造成的（Roach & Wandersee, 1993）。學生會認定科學理論與定律是一種為準確性的科學知識、不會有差錯的正確答案，相當於永恆不變的真理。然而，具備不同科學本質觀的學生，對於科學理論的看法亦會有所差異，如下表所示（黃寶蓉，2000）：

表 2-1 不同科學本質觀的學生對科學的認識 (修改自黃寶蓉, 2000)

對科學本質的認識	實證主義取向	建構主義取向
科學知識的特性	準確性、正確性	暫時性
科學知識的正確性	只有一個正確答案	取決於較有用或較適用，無關對錯
科學理論改變的原因	來自科技的進步	新理論更具潛力，更具接受度

從上表可以看出偏建構取向觀點的學生，認為科學知識是暫時性、是可以改變的，不是只有一個正確答案，所以科學理論只是暫存的定理，只是目前的最佳答案而非標準答案，科學理論可以經過翻新，在未來被提出更具接受度的新理論。

依據建構主義的科學本質觀，科學理論的內涵與生命是科學家所創造賦予的，理論同時也反過來牽引著科學工作（丁信中、洪振芳、楊芳瑩，2001）。究竟在這個交互影響的過程中，科學家在提出科學理論過程中扮演的角色是如何呢？科學家如何對現象進行覺察與論證，更進行產生假說呢？科學理論又是如何形成呢？因此本研究希望透過讓同學共構科學史，對上述問題能有進一步了解，也對科學理論的本質能有更深層的理解。

貳、科學史教學及其相關研究

科學史在科學教學過程中擁有多元性的功能(許良榮、李田英, 民 84; Kauffman, 1991)，例如提供人文層面的認知(Jenkin, 1989)，幫助學生覺知到自己的概念，並提供建構新概念學習的途徑(Schecker, 1992)，皆為科學史的多元性功能。近年科學教育改革中，科學史已經逐漸受到重視，例如美國國家科學教育標準(National Science Education Standards) (NRC, 1996)一書中明訂出「科學本質與科學史」的教學標準。科學教育家也持續強調讓學生瞭解科學知識的發展，藉以呈現人類在此歷程中努力過程的重要性

(Wang & Marsh, 2002)。Garrison 和 Lawwill (1993) 認為科學史可以讓學生知道科學並非固定不變，學生可從中了解科學理論的暫時性與不確定性；Klorfer 和 Wastson (1957) 認為在課程中融入科學史，會提高學生對於科學家及其工作的興趣及鑑賞能力；Oldroyd (1977) 認為利用科學史教學具備下列五項優點：

1. 科學理論的歷史發展大多相對應於該理論的邏輯結構。
2. 透過科學史了解科學家面對問題時的思考或實驗探究的過程，幫助學生領悟解決問題的方法。
3. 以適當的科學史例子幫助學生體會科學家創造的過程。
4. 讓學生了解科學理論會持續地改變，也因此可使學生能敞開心胸，接受錯誤。
5. 讓學生了解科學與社會之間的關聯，藉以縮小科學與人文的鴻溝。

目前國內外學者對於科學史在教學上的應用，在近幾年也都有持續的投入研究（巫俊明，1996；洪振方，1997；蕭碧茹、洪振方，2000；許良榮，2000/2001；鄭秀如、林煥祥，1998；Cavicchi, 2008；Dolphin, 2009；Dedes & Ravanis, 2009）。但多以科學史融入教學研究為主，也就是以某主題單元做為主角，融入以該主角為主的科學史，例如Dolphin (2009) 的研究以板塊構造學說為主題，教學設計採「附加式」編排，有策略性的在教材裡加入故事，而這些故事內容則包含板塊構造學說能夠演化的經驗，藉此讓學生探究科學歷史。

Kipnis (1996) 曾說過：「當我們致力於探討如何發展學生的思考技能時，為什麼我們不嘗試從了解與學習科學家的思考著手？」(引自丁信中、洪振芳、楊芳瑩，2001)。建構科學史正有如此的功能，因為科學史紀錄著科學家們與科學理論之間的互動，藉由科學家們在研究過程中所遭遇的問題、與其解決問題的方法，可為學生在共構科學史時提供良好的參考。許良英 (民87) 也指出為什麼要把「理解科學史」比喻作理解地圖，因為當我們要「理解」一個城市的地理，我們並不要需要知道每一條街、每一所房子或廟宇，只要我們熟悉許多主要的交叉點和它們之間的相當多的連接道路，我們就對該城市的地理有一個「合用的」理解了 (引自鄭子善，2000，第6頁)。也就是說，當學生理解各個環環相扣的科學史情節，學生也將能理解科學理論的演進以及科學理論的本質。

目前國內外研究多數採用將科學史融入教學的形式，也就是讓學生透過已知的科學史來學習知識，尚未有讓學生自己去建構科學史甚而集體一起建構科學史的探究，因此本研究讓學生以集體建構科學史的方式促進學生對自然科學史重新理解。

參、結語

綜上所述，透過科學史可以讓學生理解到科學理論的本質是暫時性的，透過建構科學史，學生可以體會科學家與科學理論之間的互動，因此學生透過理解科學理論的演化過程也能夠拼湊出科學史的面貌。科學史是由科學家與科學理論的互動，科學理論不斷推進演化而構成。學生透過建構科學史的過程，不但能理解科學家是如何進行科學上的創造，也能對科學理論本質有更深層的理解，了解到科學理論的暫存性。

第二節 學習社群與知識共構

傳統的學習方式都以個人為中心，強調個人學習上的轉變，但就學習本質而言，每個人都是在社會群體下進行學習，未來的學習方式所重視的是符合社會情境，以「群」為單位的學習，因此本節先探討學習社群的意涵與理論基礎，下一節接著探討以群體學習的合作學習。

壹、學習社群的意涵

一、學習社群的意義

網路學習社群來自於學習社群的概念，「社群」(community)是兩個印歐語系的字根合在一起組合而成的，kom 的意思是「每一個人」，而 moin 的意思則是「交換」，有「共同分享」的意義。也就是說，「社群」這個字的原始意義，並不是一個經由界限來界定的地方，而是一種共有共享的生

活 (Senge, 1990/2002)。因此，學習社群不只是由一群學習者組成的社群，更重要的是社群之間的互動與分享。Lave 和 Wenger (1991) 提出「學習社群」是指團體中的一群人，因對共同議題或相關問題的熱情，藉由保持持續互動的基礎，彼此分享知識、專業與關愛，這樣的社群無所不在，出現在每個地方，包括職場、學校、家裡和各種同好團體中 (Wenger, 1998; Wenger, McDermott & Snyder, 2002)。Giselle (2004) 認為「學習社群」是打破學校孤立、反向文化與培育合作的重要媒介，不僅刺激了個體的學習，亦可促使團體的革新。張基成 (1998) 主張「學習社群」是利用教育資源或是傳播科技，針對某一特定群體的參與者或某一特殊的學習領域而形成的學習環境。參與者在共同參與學習活動時會互相溝通討論，分享彼此的知識與經驗，達到資源共享、資訊互通、知識分享、經驗交換與情感交流。容淑華 (2004) 強調「學習社群」是以學習者為中心的社群，且由引導者帶領每位成員。在學習社群的每一成員經過討論、辯證、溝通、互動的經驗過程，分享知識與概念，交換彼此的經驗，其結果不是表面上的同意，而是一種相互協商後的共識。Myers 和 Simpson (1998) 在《重新創造學校》(Recreating Schools) 這本書中，對於學習社群的描述則是「每個成員組成學習者的環境，每個成員都是整體的一部分，每個成員都為學習本身和其他成員的整體福利而負責」。

綜上所述，「學習社群」的觀念不僅僅是在一起學習或合作學習而已，學習社群最核心的精神是在於參與者能否分享知識、溝通互動，也就是社群成員相互之間的社會化互動，且社群焦點問題包括協商後的共識建立和共享成果。在本研究，學習社群是指一群探索問題，透過與社群成員互動分享，強化個人學習進而促進團體知識的人 (Collins & Bielaczyc, 1997)。

二、網路學習社群的定義和特性

本研究的學習社群是在電腦支援合作學習環境進行學習，在研究中使用一線上教學平台，因此本研究的學習社群在網路上也進行大量的互動與學習，下面就網路學習社群稍做探討。

(一) 網路學習社群概念

以往對社群概念的焦點多是放在面對面和實體空間上的互動，然而身處網路資訊世界，舊有的社群概念因受限於地理空間而喪失其時代性。全球化的電訊科技蓬勃發展，尤其是網際網路讓科技的重要性大大提升轉為社會脈絡，恐怕是早期哲學家們意想不到之事（Parrish，2002）。虛擬社群服務提供參與者資訊、關係、娛樂和交易四大需求的滿足（Oudshoff，2003），網路虛擬社群讓人們定期回到網路上相同的地點，故網路空間儼然成為另一種人際互動的場域。網路社群的建立相異於實體社群之處在於電腦中介傳播將分散全世界各地的個人聚集而成的一種新社會機構

（Braddlee，1993），一群人基於相同的職務或是共同的興趣而形成的線上社會網路（Hagel & Armstrong，1997）。人們參與網路社群漸成趨勢，Horrigan（2001）指出84%的網際網路使用者曾經接觸過或是實際參與網路社群，從虛擬社群受歡迎的程度，反映出現代人正使用網路新科技實現社會和經濟上雙重目標。正因為網路社群與傳統社群截然不同，因此不能將舊有社群觀念套用在網路社群上。Hillary（1995）曾經提出94種不同的社群定義，不過對網路社群的定義依舊很難取得共識。不過Porter（2004）強調網路社群定義有四種值得注意的面向：

(1)社群不單是個體對個體、個體對群體，也可以是群體對群體。(2)不是全盤依靠科技的互動才是虛擬社群，虛擬社群交流也可以是面對面的接觸。(3)任何科技型式互動都可能形成虛擬社群，不是單指電腦互動。(4)關注虛擬社群的角色、禮儀、政策和規範的觀念。

另外，Porter（2004）也從「設立」和「關係導向」兩個層面將虛擬社群分類，取代常見的分類模式，如：同步與非同步虛擬社群（科技設計觀點）、小群體與組織虛擬社群（社會觀點）、虛擬與實體社群（互動地點觀點）、交易與滿足顧客需求等虛擬社群（商業目的觀點）。第一個層面「設立」分成兩類虛擬社群(1)成員自行創立暨維護的虛擬社群與(2)由營利性或非營利性機構發起，虛擬社群承襲贊助者的任務和目標。第二個層面「關係導向」，可以將虛擬社群看成(1)成員自發的虛擬社群有社會性或是專業性關係(2)被贊助的社群則培養社群成員之間關係或是成員與組織的關係，成員身分可以是組織者也可以是消費者。從上述對於網路社群的新定義，可以對網路社群的屬性歸納出以下五種（Porter，2004）：

1. 目的（互動內容）：成員互動的主題，各種不同的興趣、專業分享。

2. 地點（互動延伸）：社群互動的地點不侷限在網路虛擬空間，建立社群關係之後，也可以有傳統面對面、或電話等互動。
3. 平台（互動科技設計）：虛擬社群互動平台，有即時性或是非即時性互動等等。
4. 群體（互動型態）：成員之間、成員與社群、社群與社群；互動性強或弱。
5. 獲利模式（互動回饋）：是營利性質或是非營利性質。

（二）網路學習社群的意義

學習社群已成為教育創新活動重要且必須的一環（Grossman，2000），Lave 和 Wenger（1991）對網路學習社群作了以下的定義：「社群成員不見得同一時出現，也不必是狹隘定義下的某特定族群，或是有界限的社會疆界。社群是活躍在一個參與者對他們正在進行的活動有共識，也了解這些活動對他們生活締造的意義的系統。」國內學者們認為網路學習從分佈式知識的核心理念出發，社會上每個人都有不同的專業知識技能，透過網路科技與他人分享經驗，每個個體都可能是知識的付出者或接收者，不過重要的是藉由網路工具把分散在各地的個體及經驗結合起來，在網路環境中藉由辯論和互動的方式，合力發展問題的解決方案，並且共同建構他們的知識系統，從而建立網路學習社群（吳莉欽，民 91；邱貴發，民 85；邱貴發，民 87；徐新逸、楊昭儀，民 86）。

綜上所述，網路學習社群透過網路系統，基於共通興趣和目的所構成的網路學習社群，能夠不受限於時間、地點，匯聚眾人的經驗與意見，借助網路的力量在集體的對話、反思、歸納中，創造性整合彼此的想法、觀點，促進屬於社群的集體智慧（李明芬、林金根，2008）。

（三）網路學習社群的特性

張基成、唐宣蔚（2000）從學習角度指出網路學習社群的特性有：(1) 每個學習者都是自主學習、主動建構知識的個體；(2) 參與學習社群的成員必須要有「分享與付出的觀念」；(3) 強調分佈式專業知能的重要性與概念。

Barab 和 Duffy (2000) 從人類學、社會學和教育的屬性，歸納出網路學習社群的特徵有四種：(1)社群有顯著的文化歷史；(2)共享的宇宙論，特別是目標共享、成果共享和共同的信仰體系；(3) 社群作為全體視為大我，個人是社群的小我，大我的目標由不同的小我共同形塑；(4)社群會循環演進，由新社員貢獻和支持做為開始，持續將社群帶往未來。

Chen (2003) 從社群觀點提出網路學習的四點重要特性：第一點是「互動性」，傳統的課堂互動不過是問題討論的延續，網路學習的互動方式多元，最能實現以學生為中心的教育典範；第二點是「合作的產生」，網路學習提昇了學生的合作機制，不只增加學生學習意願和機會，還可以透過線上專家的回饋，與各地文化背景不同的學習者的不同觀點彼此刺激、碰撞達到知識交流；第三點是「有意義和強化動機的學習情境」，傳統授課方式學生只是被傳授知識並不代表產生知識，網路學習情境可利用模擬現實環境的問題讓學習者尋求答案，「觀眾效應」(audience effects) 讓學習情境特別迷人 (Levin & Thurston, 1996)；第四點是「延續的學習環境」，網路學習擺脫時空限制讓更多人擁有學習機會，也讓實體空間的課堂學習延續到課堂之後，加上終身學習的趨勢要求學習彈性化，網路學習讓社群隨時隨地緊密結合。

在本研究，學習社群是指在 CSCL 環境下，不限網路或實體環境，一群探索問題，透過與社群成員互動分享，強化個人學習進而促進團體知識的人，讓社群知識隨時隨地緊密連結在一起。

貳、知識共構

知識共構在達到知識翻新的歷程中扮演不可或缺的角色。知識翻新於 20 世紀 80 年代初由加拿大多倫多大學教授 Scardamalia 和 Bereiter 提出，其定義知識翻新為產生有價值的想法與不斷改進的過程 (Scardamalia & Bereiter, 2003)。他們認為知識翻新可以分為兩種形式：淺層的知識建構和深層的知識建構。然而從知識的「淺層建構」走向「深層建構」的關鍵在於採用協作知識建構 (甘永成, 2004)，也就是知識共構。協作知識建構也稱知識共構，它可以看作是對不斷精緻的認知和文字語言形成的意義網路的逐漸建構與發散，而這個過程在成員的合作交互中發生。協作知識

建構所揭示的是在一個社群中如何表達個人觀點並與其他成員進行社會交互的過程，這裡知識的形成是社群成員共同建構的結果，它不能獨立於所處的社會文化情境而存在。在知識共構過程中，個體知識建構與協作知識建構密不可分、相互融合（莊慧娟、柳嬋娟，2008）。謝幼如（2007）也指出知識共構是指個體在某種特定組織中互相合作、共同參與某種有目的的活動，最終形成某種觀點、思想等智慧產品的過程。Brown（1997）認為知識共構是未來學校應該達到的目標，並強調知識共構能夠促使學生進行更高層次的反思與學習。透過學習者之間的互相討論交流與互助合作，共同發現問題、並解決問題以獲取知識。在此教育情境下，好的知識建構不應只是重視個人知識的增長，更應強調集體學習社群的反思與想法交流，以達到有效集體共構知識與翻新的目的。

Harasim（1989）首先提出知識共構的過程包括：共同探討觀點、相互評估、檢驗論證、相互質疑、透過不斷地協商整合觀點等過程。Guanwardena（1995）則認為知識共構包括四個階段：（1）共享和比較資訊，包括提出問題、交流看法、討論主題；（2）發現、分析觀點的不一致，包括識別觀點的衝突、矛盾之處，提出問題並進一步闡明要討論的問題；（3）透過協商的方式，整合出新的觀點（4）成員達成共識，運用新共構的知識（Sorensen & Takle, 2002）。Stahl（2003）以社會建構主義的學習觀點，提出知識共構過程擁有幾項基本要素：積極發表個人觀點、對他人觀點做出回饋、組織已有的概念或想法並形成新觀點、分析比較已有的觀點並對原先的觀點提出新的解釋、整合達成共同理解或共識。

綜上所述，知識共構是個人在社群中如何表達個人觀點並與其他成員進行社會交互的過程，其過程包括共享、論證、協商、反思、整合等特點，在此歷程的知識形成是社群成員共同建構的結果，能夠帶領個人及學習社群從淺層建構逐漸朝向深層建構，更進一步達到知識翻新。

參、學習社群與知識共構

學習社群的一個重要元素是合作（collaboration），這裡所指涉的合作學習（collaborative learning）不同於傳統分工式的合作學習（cooperative learning），分工合作是指組織工作和活動的策略，小組一起工作（Adam &

Hamm, 1996; Crook, 1994), 但彼此之間不一定有交流互動。在本研究的合作學習著重的是認知過程而非像傳統分工式的合作去幫小組去定義一個有動機有組織的目標 (Crook, 1994)。

當前在教育領域針對知識共構的研究以Scardamalia 和Bereiter的研究最為活躍與顯著, 他們於20世紀80年代初開展CSILE/Knowledge Forum專案, 對基於知識翻新理論的知識共構也進行較為深入的探討, 如協作知識建構 (Scardamalia & Bereiter, 1996) 和知識共構社群 (Bereiter, 2002; Scardamalia & Bereiter, 1996) 等。此外, Stahl (2000) 建立知識共構的模型, 用合作知識建構的字眼來談團隊學習; 利用合作學習的學生在小組共同建構知識、翻新知識, 權力的空間由教師轉至整個學習社群(Brunner, 1999)。知識共構是透過社會式互動的一種創新過程 (Scardamalia & Bereiter, 1996), 因此知識共構無法由單人獨力完成, 必然與學習社群無法分隔開來, 社群成員在互動中共同合作建構知識並促進知識翻新, 在促進知識翻新的進程中涉及擔負更多的責任, 而集體的認知責任 (collective cognitive responsibility) 是共構學習關注的焦點概念, 合作的責任不只在於完成工作任務, 也需要集體的擔負, 每個成員都擔負瞭解發生什麼事情、事情是如何發生的責任, 為了充分掌握目前所發生最新的情況, 不僅是在適當的時刻依照需要指派完成工作, 也需要負責起掌握什麼是必須被知道的, 以確定其它人也了解什麼是必須被知道的 (Scardamalia, 2002)。社群的每一個成員擁有特定專業、負有特定責任, 也可以在關鍵時刻接管彼此的工作, 這樣的彈性 (flexibility) 使得社群在發生非預期的混亂狀態下, 仍然維持運作順利。小組成員即使有著區隔的角色和技能, 也可以靈敏地合作, 構成集體的責任 (祝惠珍, 2006)。合作知識建構提供社群機會辯證和討論, 更重要的是以團隊之姿共構知識, 社群成員即使對同一問題也可能各自會產生不同的理解與觀點, 因此經過與其他成員不斷討論、激盪、辯證中, 最後建立一個屬於此社群的團體認知 (group cognition) 的過程 (Stahl, 2006), 亦即知識的共構。

從文獻可以看出知識共構在團體學習的重要性, 可以促進學生更高層次的思考學習, 會成為未來團體學習的重點, 也清楚知道知識共構是社群成員在互動中共同分享、辯證, 不斷改進最後一起建立團體認知的歷程, 但是究竟在這歷程中, 知識是如何開始? 如何演化? 社群成員產生的互動

模式為何？其合作模式與傳統的合作學習相異處在哪？在知識共構歷程中，前述諸多議題會是更令人好奇的焦點，因此本研究透過解析知識共構歷程，讓知識共構的面貌能夠更具體化。

肆、結語

因為網路的發展與特性，讓學習社群不囿限於時間地點的缺失，網路學習社群讓個體分佈式知識聚集起來，透過合作機制、互動討論的方式，分享彼此的經驗與觀點，不斷地修正想法，共構出屬於社群的集體智慧。我們可以發現學習社群合作建構知識的理論基礎與合作學習、知識翻新密切相關，因此本章將在第二節對合作學習理論、第四節對知識翻新理論做更加的詳細文獻探討。

第三節 電腦支援合作學習

本研究中所使用之電腦支援合作式學習環境，其目的之一是藉著科技幫助教師進行更有效能的合作學習，因此本節先探討合作學習的內涵，接著探討應用電腦科技輔助合作學習的電腦支援合作式學習如何讓合作學習變得更有效能。

壹、合作學習的定義

18世紀晚期 Lancaster 和 Bell 在英國倡導合作學習團體教學設計，其後美國學者 Packer 和 Dewey 等人，都甚為關注合作學習團體在教學上的運用(黃政傑、林佩璇，1996)。1960年代中期 Johnson D.W.與 Johnson R. T. 在美國明尼蘇達大學創立合作學習中心 (Cooperative Learning Center)，他們指出合作學習是在教學上運用小組的方式，讓學生一起工作，完成小組共同的目標，讓自己與他人達到最好的學習成效(Johnson & Johnson, 1994)。Slavin (1995) 認為合作學習的教學方法是讓學生採用小組的方式

共同進行活動，小組成員幫助彼此學習，合作成果為小組全體共同擁有。Parker(1985)則提出合作學習提供一種合作式學習環境，在此情境下與同儕幫助彼此學習，鼓勵學生分享資源與互助合作，並且能在批判與修正中分享彼此的看法，最後共享成果，並且在此合作的學習情境中培養更多的合作行為。國內學者黃政傑與林佩璇（1996）認為合作學習是一種採取異質性分組的教學方式，在合適的合作學習情境下讓學生在小組中進行學習，學生在分組學習中互相指導、互相幫助，每個小組成員要負起學習的責任。

貳、合作學習與認知建構理論

建構理論的觀點認為教師不能只是扮演知識傳遞者，而是應該讓學生自己主動建構知識，並主張學生在學習過程中應該要扮演更積極的角色，其學習策略彰顯學生是主動的學習者，所以常被稱作以學生為中心的教學（student-centered instruction）。建構理論強調教師是「在一旁的引導者」，而不是「講台上經驗豐富的能者」，教師引導、協助學生去發現他們自己的意義，而非只是在講台上滔滔不絕地演講或試圖控制所有的教室活動（Slavin, 2000）。而認知建構理論強調透過合作學習不再依靠傳統教師講述的授課方式也可以促進學生「訊息處理的歷程」。

Vygotsky(1978)強調學習的社會文化觀，認為兒童的學習是透過成人的協助人或是較有能力的同儕合作而發生；在合作學習的情境下，兒童可以學習到成功的問題解決者如何思考。Vygotsky 提出近側發展區（zone of proximal development）的概念，其認為兒童原有的實際表現水準與經過指導後的潛在表現水準，所呈現出來的差距現象。當兒童在成人或同儕的協助下，個體所表現出的獨立解決問題能力將超越單獨時所表現出的問題解決能力，到達潛在發展層次。因此，合作學習的學習者可以透過同儕間的協助，此即學習上的鷹架作用（scaffolding），讓學習能力較佳的學生輔助能力較差的學生，使其實際能力擴展至潛在發展能力，呈現較優的表現水準。

Slavin(1995)提出「認知精緻理論」，其研究發現，如果要使資訊保持在長期記憶，學習者必須對材料進行某種形式的重新建構或使用「精緻化」（elaboration）的學習技巧，幫助短期記憶中的資訊與長期記憶中的相關

資訊互相連結 (Reigeluth, 1983; Wittrock, 1978)，如對學習材料做摘要、資訊統整或是重新組織材料、分門別類加以整理。在合作學習的情境中，和同儕間的溝通分享能促進個人主動內化訊息，以利知識連結，並形成適當的知識網路 (黃政傑、林佩璇，1996)。

Zurita 與 Nussbaum (2004) 提出建構學習的六項基本原則：

1. 建構 (constructive)：學習者必須修正現有的知識基模來整合新的資訊而獲得新知識。
2. 主動 (active)：學習者必須主動參與學習。
3. 有意義 (significant)：學習對學習者而言必須有意義，且從學習者既有的觀念架構中建立。
4. 協商基礎 (based on consultation)：學習者在協商、討論的過程能從多重表徵和學習經驗中系統化闡明自己的問題。
5. 反射 (reflexive)：學習者從其他成員身上反射自我學習經驗，讓自己的學習更精熟。
6. 協作 (collaborative)：小組成員為了共同目標努力，在彼此的互動中學習，每位成員都可能是資訊的來源。

建構主義的教學取向廣泛地使用合作學習，依其理論來說，如果學生能在互動中彼此討論，則學生可以適應環境建構適合自己認知目標的心智模式，可隨時調適、消除或修改。異質小組的合作學習情境可以讓學生與同儕一起學習成長，彼此分享發現的成果；這樣的學習環境，能夠潛移默化的醞釀更多的合作行為 (Slavin, 2000)。

綜合上述，合作學習是一種有系統有結構性的教學策略，提供學習者有共同的學習環境，並建立團體共同目標，除了完成自己的學習任務之外，鼓勵學習者互相協助學習，交換資源與分享觀點，共同達成小組學習目標。而成功的合作學習是正向互賴合作歷程，缺乏信賴與反思會阻礙小組合作的效益。不過，在科技日益進步之後，應用電腦科技支援合作學習將會是未來的新研究趨勢。

隨著學習的社群屬性越來越成為一種共識，合作學習也受到普遍重視。電腦技術的介入讓合作學習的應用從傳統的教室，延伸成為以網路為媒介來進行的學習活動，促成了電腦支援的合作學習 (Computer-Supported Collaborative Learning, 簡稱 CSCL) 的誕生和迅速發展。本研究使用的電

腦支援合作學習環境建立在合作學習理論發展和電腦科技的基礎下所發出的新典範，以下就此典範詳加說明。

參、電腦支援合作學習的意義與內涵

電腦支援合作學習，簡單地講就是把合作學習與電腦結合在一起，利用電腦科技技術和網路技術來輔助、支援和優化合作學習。我們很難確定電腦支援合作學習是從什麼時候開始成為一個獨立的研究領域。不過從1989年第一次採用CSCL這一術語命名召開的國際會議，可以推斷出，對CSCL的研究早在上個世紀80年代就已經開始(陳曉慧、阿不都卡德爾·艾買爾，2009)。

CSCL是結合電腦支援的合作工作(computer-supported collaborative work, CSCW)與合作學習(collaborative learning, CL)理論與方法，將電腦技資訊技術、教育學、心理學、社會學等融為一體的新興領域。作為一個新興的領域，各學者對於CSCL含義的理解各不相同，Bannon和Schmidt(1989)認為CSCL的含義包括兩種：(1)CSCL是將CSCW應用於學習的領域。(2)CSCL是在深入理解學習以及合作學習的基礎上。Kaye(1995)提出CSCL支持個體對知識、技能或者態度的學習，這一過程發生在小組交互作用中，或者更加熟練地將個體學習行為作為小組目標的結果。Relan和Gillani(1997)提到CSCL是合作學習結合電腦在一起形成的一個新領域，它是協作和思想交流的媒介。Koschmann(2002)在CSCL2002大會主題報告中提出了CSCL的定義，其認為CSCL這個領域著重研究在共同活動環境中的意義和意義締造實踐(the practices of meaning-making)，以及通過設計軟體應用、實踐的方式。

在共同活動環境中的意義締造實踐也就是說學習不僅僅是通過互動而得以實現，而且也是由參與的學習者之間的互動組成，除了瞭解參與者的認知過程是怎樣被社會性的互動影響之外，還需要瞭解學習本身是如何在社群成員的互動中產生的(吳濤、顧月琴，2009)。在CSCL環境的支援下，社群成員即使對同一問題也可能會有不同的觀點與理解，因此經過不斷討論、激盪、辯證中，最後建立一個屬於此社群的團體認知(group cognition)(Stahl, 2006)

Koschmann 提出的「意義與意義締造的實踐」是一種公共的、可觀察的、社會共有的現象。就因為是社會共有的現象、建構意義（即學習）的合作過程可以被研究、學習者的想法和行為也可以被解釋。這樣的觀點對 CSCL 有巨大的意義，因為人類的活動都跟「意義締造」有關。如此一來，CSCL 引發了人們對意義締造--學習活動的關注和探討(陳曉慧等，2009)。Stahl (2000) 認為個體對於理解置身的世界所賦予意義是不完整的，需要經過修補與改正。當我們察覺到自己對問題的理解產生煩惱和衝突之後，透過解釋、再理解、重新詮釋並賦予意義，最後達到新一層次的理解。而重視知識理解是一種社會性過程，因為個人對於意義的理解，來自與他人的互動，這會發生在語言、歷史、文化脈絡、社會結構和政治中。合作是一個建構知識必要的因素，在 CSCL 環境下的參與者，他們在互動中建構對意義的理解，透過文字或圖形來表達他們對意義的理解，而這歷程成為成功合作的基石 (Stahl, Koschmann, & Suthers, 2006)。CSCL 的核心概念即在於如何透過電腦網路環境以幫助學生集體發展與學習知識 (Stahl, Koschmann, Suthers, 2006)。希望藉由電腦輔助的合作情境，促進學習社群在參與與互動的過程中，能夠同時分享知識與多元想法，並進一步對知識的基本單位--「意義」--能夠有更深層理解 (Stahl, 2007)。

Clark & Linn (2003) 指出，CSCL 最主要的學習目標為學習者知識整合的概念，當學生進入科學探索的歷程，面臨科學現象產生歧異、衝突、疑惑的想法時，學生必需從學習和經驗中新增想法、找出相異的想法、增加有意義的想法，然後嘗試學會整合新舊想法，統整出一致性的想法之後，能夠在新的情境中整合運用。由於 CSCL 具備電腦網路的彈性與潛能之優點，學生們不再受限於地點與時間，隨時可以進行小組間的討論、分享等合作性學習活動，避免阻礙合作學習的因素 (Silva & Breuleux, 1994)，學生們在開展合作學習的時候能夠維持高度的互動。學生透過同儕間的互動，從問題表達、議題探索、相互合作，以及觀察他人如何學習的過程中開始學習，並且使彼此獲得的知識緊密地結合起來。

綜上所述，CSCL 關注在電腦科技的輔助下，學生如何進行群體合作的學習方式 (Stahl, et al., 2006)，藉由電腦支援的合作環境以促進社群成員對於意義更加深層的理解，這也是它的獨特性 (Stahl, 2007)。

肆、CSCL 的發展脈絡

研究 CSCL 領域的先驅者來自三個早期的計畫—Gallaudet 大學的 ENFI 計畫、Toronto 大學的 CSILE 計畫、以及加州 San Diego 大學的第五項修練 (the Fifth Dimension) 計畫，這三個計畫擁有共同的目標，即是使得教學以更賦予意義的導向發展，這三個計畫都將電腦與資訊科技視為達成目標的資源，並且在教學上都導入組織社會活動的創新方式，他們以這種方式為後續湧現的 CSCL 奠定基礎 (Stahl, et al., 2006)。1989 年有以「電腦支援合作學習」命名的國際會議在義大利的 Maratea 舉行，不過第一次真正獨立的 CSCL 會議是在 1995 年舉行的，後續的國際會議則每兩年舉辦一次，至今分別在歐美和亞洲的幾個國家和地區召開了 9 次國際會議。

Stahl 等人 (2002) (修改自陳斐卿譯) 從五個面向來分析 CSCL 的歷史演化進程：

一、從數個會議發展到一個全球的社群

從 1983 年聖地牙哥舉辦了一場主題為“協同解決問題與微電腦”的工作坊、第一次正式的 CSCL 會議是 1995 年在 Indiana 大學舉辦電腦支援的合作學習、2005 年的 CSCL 會議在台灣舉辦以及國際期刊 (*International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning*) 於 2006 年開始發行，可以看出會議地點從歐美到亞洲、以及新的國際期刊的建立，就是為了使得這一社群更具有真正的全球性。

二、從人工智慧發展到協作支援

CSCL 這個領域可以跟早期的使用電腦於教育的取向形成對比。Koschmann (1996) 指出 CSCL 取向的歷史軌跡如下：電腦輔助教學→智慧型家教系統→學習 Logo 程式語言就如同學習 Latin 語言一般 (Logo as Latin) → CSCL。這種從個人認知的心智模式到支持合作團體的演變，對學習研究的焦點與方法都有很長遠的應用，而這些應用面的逐漸接受與擴展，同時也標示了 CSCL 學門的發展特徵。

三、從個人發展到互動的團體

許多年以來，協作學習的理論比較聚焦於個人在團體中的運作，直到晚近，團體逐漸成為分析的單位，焦點已經移轉到社會建構的互動屬性上。研究重心不再是個別學習者「腦中」發生什麼事，而是關注在互動過程中，「學習者之間」發生了什麼事。

四、從心智表徵發展到相互地賦予意義

合作這個概念，基本上可以視為一種共同建構意義的過程，意義的締造不能只當成是個人心智表徵的表現，應是一種多人互動中締造的成就，分析多人對話或發表訊息的次序，可以探看意義締造是如何發生的 (Stahl, 2006)。

五、從量化比較發展到微觀的個案研究

在 CSCL 環境下的參與者有一個必要特徵，他們在互動中建構並翻新對意義的理解，透過文字或圖形來表達他們對意義的理解，而這歷程成為成功合作的基石。因此，CSCL 探討的是對主體所具有的觀點和行為的解釋，而這需要對學習實踐的質化研究，例如探討 CSCL 中學習者的理解情況等，針對個案在互動過程中的意義締造與理解進行研究(鄧文新、陸芳，2007)。

伍、結語

CSCL 延伸傳統教室的合作學習，提供學習者跨領域、跨學科的學習環境，讓學生透過電腦網路環境建構知識、整合想法，在與同儕的互動中使彼此的知識緊密結合，促進學習社群對於意義與知識產生更深層的理解。學習與意義締造不僅僅是通過互動而得以實現，而且也是由參與的學習者之間的互動組成，CSCL 關切除了瞭解參與者的認知過程是怎樣被社會性的互動影響之外，還需要瞭解學習本身以及意義締造是如何在社群成員的互動中產生的。目前 CSCL 這個新興領域的學術社群已經具有全球性，台灣也曾在 2005 舉辦 CSCL 會議，與 CSCL 社群接軌，期待未來台灣教育研究在這一方面能投入更多的研究人才。

第四節 知識翻新理論與其相關研究

前一節提到在 CSCL 環境下的參與者有一個必要特徵，他們在互動中建構並翻新對意義的理解。知識翻新現已成為 CSCL 領域中極為重要的研究內容，下面就知識翻新理論與其相關研究做相關探討。

壹、知識翻新理論

「Knowledge building」這個名稱使大部分的人誤以為只是「學習」添加了建構主義的光環，事實上，Scardamalia 曾在一個訪談中說明「知識翻新」無疑是一種建構性的過程，但它也有著通常建構主義學習不具備的一些特徵，以下兩點尤為突出：(1)目的性。大多數的學習是無意識的，並且建構主義觀點的學習並沒有改變這一事實；然而，參與知識翻新的參與者都知道他們正在進行知識翻新並經常充分意識到知識翻新的進展。(2)是社群知識。學習是個人的事情，但知識翻新透過社群互動產生，因此知識翻新是社群共同的目標與責任(斯琴圖亞、魏志慧，2009)。知識翻新基本上可以當作是學習社群共同建構知識、深化理解意義的歷程，知識意義的締造不是個人能力的展現，而是在社群互動中讓個人與他人產生連結且交織而成。在 CSCL 環境的支援下，社群成員即使對同一問題也可能會有不同的觀點與理解，因此經過不斷討論、激盪、辯證中，最後建立一個屬於此社群的團體認知 (Stahl, 2006)，進而促進知識的翻新。

過去的研究指出大部分的學生對於科學知識的理解多是零碎、不完整的，然而事實上科學理論的產生卻是一種不斷集體社會共構的歷程，科學家透過前人的研究與產生的科學理論為根據，再不斷翻新這些理論以創造新的科學新知。不過研究也指出，學生對於科學之社會本質 (social nature of science) 的理解仍多停留在認為科學家多是在封閉的研究室裡單獨地進行科學研究 (Driver, Leach, Millar, & Scott, 1996)。因此知識翻新理論認為，學習來自社會化的歷程，在這一個歷程中不斷的對想法的改進和翻新 (Scardamalia & Bereiter, 2003)，而這種學習方式讓學生產生完全不同於過去的學習經驗 (Scardamalia, 2002; Scardamalia, Bereiter & Lamon, 1994)。在這個知識經濟的現代社會，傳統的學習方式已不能滿足人們獲取知識與

發展知識的動力，更甚至限制了知識不斷改進、翻新的可能性 (Hong & Sullivan, 2009)，知識翻新理論希望學習者藉由對知識訊息的建構，以促成社群成員集體共構知識與合作 (Scardamalia, 2004)。隨著科技的快速進步，教育也嘗試尋找另一種管道，提昇讓科技產生支援學習的可能性 (Kirschner, 2002)，過去的研究也指出運用知識翻新理論與科技，可以有效幫助學生創建集體知識 (Hong & Sullivan, 2009; Hong, Scardamalia, Messina & Teo, 2008; Scardamalia, 2002; Scardamalia, Bereiter & Lamon, 1994)。

Scardamalia (2002) 提出知識翻新理論之 12 項原則概念，影響了後來對於知識翻新典範的研究，而其 12 項原則如以下所列 (詹文靜, 2009; 斯琴圖亞、魏志慧, 2009)：

一、關注學習者真實想法，優先看重真實問題 (real ideas, authentic problems)

知識的問題會發生在學習者想要瞭解這個真實世界時候發生，想法就好像真正實體一樣，是可以觸摸或感覺到的。學習者真正關心的不是課本上的問題或難題，因此，學習應該是要關注學習者真實的想法與他所注重在真實情境發生的問題。

二、想法是一種不斷改進過程下的暫時說法 (improvable ideas)

所有的想法都是可以不斷被改進、翻新的。我們應該提供一個讓學習者感到安心、沒有恐懼的學習環境，如此一來學習者才可以在表達自己不成熟的主張、給予和接受評論等的冒險中擁有足夠的安全感。

三、用多元觀點看待想法 (idea diversity)

如同生物多樣性是成功的生態系統所必需的，對於想法有多元的切入觀點是知識發展所必需的。不管是對想法的批評或是贊同，多元觀都可以幫助想法更加的成熟。

四、成為知識的自主追求者 (epistemic agency)

學習者應該要主動追求知識。學習社群成員應主動的提出自己的想法與他人想法產生交流，而非依照老師或是其他主導者的安排來進行學習。

五、社群共創知識、成員共負責任（community knowledge, collective responsibility）

知識是社群所共同擁有，對它有共同責任。個人對社群的貢獻和個人學習成就一樣重要，每一位社群成員對促進社群知識產生與知識翻新都有責任。

六、知識的平等參與、貢獻無法切割（democratizing knowledge）

所有參與者都是共同體共用目標的合理貢獻者，每位成員都為促進創造社群知識感到榮耀。每位社群成員都被賦予參與知識翻新的使命，所有成員對於社群的成長都很重要。

七、互享共榮的知識翻新過程（symmetric knowledge advance）

成員間互相交流促進知識翻新，知識翻新相信在貢獻知識的同時，也能獲得知識甚而翻新自己的知識。

八、知識翻新活動無所不在（pervasive knowledge building）

知識翻新活動不侷限於特定學科、特定場所，遍及學習及生活中。

九、建構性運用權威資源（constructive uses of authoritative sources）

學習者想要認識一門專業領域，除了要接觸專家權威知識，但是同時也要站在理解與尊重的基礎上對他保持著批判的態度。

十、知識翻新注重對話（knowledge building discourse）

知識翻新關切對話的重要性，認為對話不只在分享訊息，同時也在實踐過程中讓知識更精緻化。

十一、內在評價精神有助知識翻新（embedded, concurrent and transformative assessment）

評量有助於知識進步，知識翻新注重自我內在評價多於外在評價，在日常生活中不斷的自我評量，可以發現隱藏的問題且有助於知識翻新。

十二、統整有助邁向超越 (rise-above)

最後一條原則是，知識轉化的過程中，是致力於更有包容性的原則，可以解釋更多的事實，形成更高層次的問題。知識翻新者可以跳脫過於簡化或是過於瑣碎的處境，朝向更好的學習與實踐。

知識翻新團隊強調「原則導向」的知識建構--掌握這些原則是促進知識翻新最好的指南，如果能夠明確的展示原則，人們逐漸會發現背後的依據，並宣稱自己的行動與原則相一致，這些原則也將被內化。但如果原則過於陌生，人們會聲稱這與其知識翻新背景無關(Scardamalia & Bereiter, 2007)。傳統的教學設計，教師會事先研擬「教案」，在教學現場會遵循教案內容完成教學步驟，因此過去教師上課就如同演員閱讀劇本之後忠實的演出劇本內容一般忠實的呈現教案中的教學內容，遵循著固定的教學步驟，期望呈現出完美的教學內容，這種劇本式的教學設計雖然讓教師不容易在教學上出錯，但常常流於制式化，教學設計顯得固定而失去彈性。知識翻新教學則以原則導向做為教學設計，期望學生能透過原則性的教學設計促進知識翻新。以原則為基礎的教學設計不預先設定標準的程序、腳本、規範、或任務內容 (Dick & Carey, 1990; Gagne, 1987; Gagne, Wagers & Briggs, 1992, Mager, 1975; Merrill, 1983)，或任何高度結構化、有慣例可循的學習活動，如拼圖教學法 (Aronson & Patnoe, 1997)。原則性的教學設計讓教學內容更有彈性、更多元，課堂裡的知識不是死板的被傳授，學生以更主動、開展的方式學習知識，讓學習內容更多發展空間，知識可以不斷地被改進，進一步達到知識翻新。

本研究之授課教師掌握上述十二項原則，並將原則內化於教學上，在授課時能夠明確的展示原則，所有教學活動能與原則相符應，開展出以原則為導向的教學設計，後續章節也以此十二項原則來檢視授課教師的教學內容。

貳、知識翻新理論相關的研究

Scardamalia 研究隊伍曾在 1983 年設計開發了第一個網路合作學習環

境--電腦支援目的學習環境(computer supported intentional learning environments, 簡稱 CSILE) 。該技術改進過後的第二代版本「知識論壇」(Knowledge Forum, 簡稱 KF)建立的是一種「知識翻新環境」(knowledge building environment, 簡稱 KBE), 目前應用在 10 多個國家的教育、醫療、商業和專業機構中(斯琴圖亞、魏志慧, 2009)。Scardamalia (2004) 認為透過「知識論壇」(Knowledge Forum, KF)學習平台的輔助, 會使知識翻新的環境更加有效率, 在實證研究裡也發現, 無論從初等教育到高等教育, 知識翻新理論皆有助於加強學習與想法的創新, 運用知識翻新教學理論以及知識論壇線上學習平台, 可以有效的促進知識翻新與學習活動在課堂中實現 (Hong, Scardamalia, Messina & Teo, 2008)。

Beers, Boshuizen, Kirschner 和 Gijssels (2005) 提出歷經知識建構和共構學習的意義在於, 知識如何從個人私有的知識經歷協商、整合轉化成小組共構的知識的歷程。研究指出一個團隊若要建構知識, 知識會從參與者腦中尚未分享的知識, 具體化之後成為個人內在知識, 在彼此相互分享知識後, 參與者建立「共識」, 並經過協商歷程才逐漸變成團隊成員間新建構的知識, 而學習就在知識從私有變成公有的不同轉變階段中產生。團隊成員的知識建構是透過協商達成, 成員們建立共識之後仍要表達自己的想法, 經過同儕相互檢視、澄清不同想法間衝突、矛盾和不一致後, 且個人要具有批判的能力, 才有辦法整合到新的知識, 順利達到知識共構。

Lakkala、Lallimo 和 Hakkarainen (2005), 為了探討透過由科技支援的合作學習環境達到知識共構的教學設計典範, 是否真的得以在教育現場實施並實現, 於是在芬蘭進行了一個全國性實驗。參與實驗者有來自八個學校的十位教師, 他們在實驗開始前, 首先參加了研究者團隊所開設的研習課程, 研習課程內容主要有教導他們如何使用合作式的電腦輔助學習科技, 新的教育理論—知識翻新的理論, 和一些運用網路科技的課程, 希望他們在接下來的實驗中, 運用一些不同以往的教學設計, 能夠在他們所教授的班級課堂上, 利用教學科技強化學生的合作。研究結果發現, 在科技的支援下, 確實做到促進合作學習, 但是要達到真正知識共構依然碰到了一些難題, 因為整個社會的安排、運作大部分仍舊是個人主義的學習。最後, 他們對教師的教學提出以下幾項建議:(1) 在教學上使用電腦;(2) 學習新的科技工具;(3) 學習新的教育典範;(4) 強調學生的合作學習,

而非以往的個人學習；(5) 多和其他老師或是研究者一起參與發展計畫，促進教師專業成長。

教學被認為是一種創造力展現的方式 (Sawyer, 2006)，Hong 與 Sullivan(2009)的研究指出以想法為中心、以原則為基礎的教學設計導向，學生在學習的同時，也展現了知識的創新。教師選用的課程設計，能夠影響學生的學習，漸漸朝向知識翻新的典範，不同電腦支援合作學習環境的設計，對學生的學習也有所影響，知識翻新理論下的學習環境可以幫助學生達到更高層次的思考 (Chan, Hong, Chen, & Lin, 2009)。教師應用以知識翻新為基礎、以想法為中心為教學設計導向，輔助能夠幫助想法不斷修正、改進的「知識論壇」學習平台，能夠促進學習團體互動、想法交流、以及對意義的理解，除此之外，還能維持社群的合作學習以及知識翻新 (Hong et al., 2009)。由此可見，知識翻新觀點取向的知識觀的重要性，學生的角色應該從知識的「接收者」轉變成為「翻新者」，教學設計導向應該讓學習不僅是能夠自己建構知識，更能夠與他人共同建構、翻新知識 (Brown,1997)，這正是現在教育應該改進的方向 (Scardamalia, 2006；Paavola, 2004)。

參、結語：

傳統的學習方式以個人為中心，研究也只重視個人在學習上的變化，但在 CSCL 以及知識翻新理論中的研究中開始以團體(group)為單位，重視的是社群知識的建構與創新，從知識翻新理論的實證結果可以得知知識是可以在社群互動中被質疑、被挑戰，然後不斷地被改進與翻新，目前國內的團體研究仍以合作學習的分工式小組學習為主，本研究則是以研究對象為一學習社群，其合作學習並非分工式完成任務，而是透過以知識翻新為基礎、以想法為中心讓整個學習社群集體建構知識，並且共負集體責任避免傳統合作學習的弊病。接下來，值得讓本研究探究的是在社群互動中知識如何被翻新的歷程。

第三章 研究方法

本章共分為五節，第一節為研究架構；第二節為研究設計；第三節為學習與教學環境；第四節為研究程序；以及第五節為資料蒐集與分析。以下根據此五節分別進行論述。

第一節 研究架構

本研究以前章之文獻探討作為本研究之理論基礎，並根據研究動機與目的、研究待答問題，形成初步之研究架構圖（如圖 3-1），以進行研究。由研究架構可以發現，以電腦支援合作學習環境來促使學習社群集體之知識共構，藉由知識論壇線上平台做為實現電腦支援合作學習環境的工具，融合課堂與網路的學習環境，以合作學習為基礎，加入原則性教學設計和知識翻新概念，讓學習社群成員之間透過發表想法、閱讀別人想法、討論、辯證與質疑、分享與回饋等大量的互動來集體共構科學史。本研究即依據此架構進行探討分析，融合文獻等理論基礎，建構不同於以往的學習環境，促使學生不再以個人為主的學習方式，發展更合作、更共構的學習概念，並以更宏觀、更演化的角度來看待科學史。

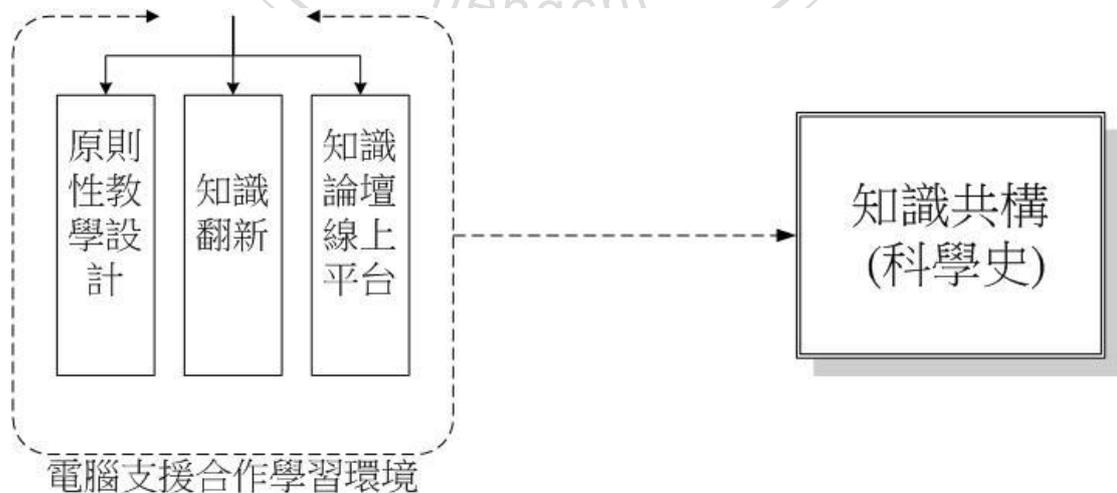


圖 3-1 本研究之理論架構模式

第二節 研究設計

本研究的主要目的在於探究學生如何透過知識論壇數位學習平台以進行網路合作學習、並共同建構自然科學史知識的團體認知歷程。為使蒐集的資料豐富且深入，本研究先以文獻分析法，整理、歸納、分析目前國內合作學習、電腦支援合作學習環境與團體認知之相關文獻資料，做為分析研究資料的參考架構，再依據知識論壇線上學習平台上所獲得的資料加以分析、探究與討論。以下針對本研究之研究設計及授課教師在一學期課程中，所進行的課程設計做詳細說明。

壹、研究對象

研究對象為台灣某國立大學 42 位大學生，女性 30 位、男性 12 位。該大學為發展國際一流大學及頂尖研究中心計劃獲選學校之一，參照近年來大學指考各科系錄取分數，該大學歷年大學聯考人文社會組科系錄取分數在台灣各大學中位居前二志願，自然科學組科系錄取分數也位居前五志願。參與的課程為該大學所開設與自然科學相關的選修課程。課程進行時間共十八週，學生於學期中在平台上之發文次數、回覆文章次數、與他人文章的連結次數，皆在線上教學平台上被自動保存。教師鼓勵學生除了於課堂中認真學習外，課後也可以在平台討論區多閱讀他人文章並與他人分享、討論課堂所學。

貳、課程設計

一、教學目標

本研究之課程為自然科學基礎課程。授課教師將課程目標訂定如後所述：(1)培養學生對自然科學之興趣，並使其了解科學知識與人類生活之密切關係，進一步提昇其對自然科學之素養；(2)幫助學生瞭解自然科學的內涵與範疇、歷史與發展趨勢，使其能對物質科學、生命科學及地球科學等科學知識有基本認識；(3)幫助學生奠定未來進一步探究並從事自然科學

相關教學工作的基礎態度與知識；以及（4）希望藉由集體分享與知識共構的方式讓學生在線上學習平台上建構科學史以對科學理論本質有更深刻的理解。

二、教學設計

授課教師研究專長主要為學習科技、知識翻新等。教師在此課程中，希望學生可以跳脫傳統被動的學習方式，在教師營造的知識翻新學習環境下進行學習，不斷對自己學習進行反思，在課程中藉由與別人互動討論之線上合作學習方式，助長個人以及團體的知識，因此教師在設計此課程時，希望給予學生不同以往的學習方式，以原則性的教學設計取代傳統的制式教學。原則性的教學設計即是運用知識翻新的理論做為進行自然科學教學的基礎，並將知識翻新的 12 個原則實現於教學中。課程內容十分多元，目的是想讓學生可以在課程中充分的學習。上課進行方式雖然仍有教師講述，但也輔以影片觀賞、議題討論的等其他多元授課模式。

在授課過程中，教師不再扮演知識的權威者角色，而是率先拋出一個關於科學知識之想法，以引導者的角色引領學生進行討論與辯證，學生可以與同儕分享觀點、回應相關的想法或提出問題。每個人不受身分或其他因素之限制，可以支持他人的想法，同樣地，也能質疑別人的看法，因此老師可以質疑學生觀點，學生也能質疑老師的看法。藉由這樣的思辨活動，讓學生之間擁有更多的互動，同學也更願意針對原有的科學知識做延伸思考、並且嘗試修正、翻新自己的想法，而不是只有單純的記憶、背誦科學知識。此外，每週課堂活動中教師亦會透過播放相關影片，來引導學生進行思考與討論，例如探討溫室效應時，教師讓學生觀賞三種不同角度探討溫室效應成因的影片，再讓學生討論分享自己的看法，並且不為溫室效應做出任何決定性的結論、不提供任何所謂的正確答案，鼓勵學生欣賞他人觀點，多方查詢資料，每個人提出來的觀點都可以被質疑、被討論，期許每個學生都能不斷的修正自己的看法，透過互動與同儕觀點辯論之後整合出更成熟的觀點。

無論是講解或是影片觀賞後的討論，教師都以知識翻新的 12 項原則為依歸來引導教學活動。教師儘量做要不要有有預設立場，也不強調所謂

的標準答案，而是讓同學以討論、辯論等互動模式對任何議題與想法激發出更多的想法，在教學設計上沒有固定的程序或儀式，因此教師的教學內容與學生的學習材料皆充滿彈性與發展空間，教師在教學內容與課程設計都以知識翻新的 12 項原則做為努力的方向。

由於每堂課程之教學設計皆是以知識翻新理論為基礎所進行並努力於實現知識翻新之 12 項原則，教師鼓勵學生不只在課堂上討論，課後也到知識論壇平台發表想法並在平台上與同學討論互動，亦可回想課堂上的討論後在平台上可以提出質疑或更進一步的想法，而教師在知識論壇平台上的互動如同在課堂上遵循的知識翻新原則，會適當給予同學回應（因授課教師電腦使用習慣，回應同學的文字大多使用英文）、鼓勵互動或對話的延續、協助同學想法的深化，因此教師的授課方式與學生的學習內容不受限於時空，且擺脫傳統劇本式教學之固定教學步驟或教學內容，教學設計充滿彈性且多元。

三、課堂作業

（一）在平台發表想法：授課教師鼓勵修課者課後可在知識論壇上發表在課堂所探討的議題與整合的觀點，每位修課者在分享對科學理論的想法，以及分享科學理論與科學家的成長故事後，所有在平台上發表文章皆供其他人自由瀏覽。

（二）建構一則科學理論故事：授課教師訂定每位修課同學的作業為建構出一則自己感興趣的科學理論或科學家故事，可獨自完成或與他人合作，但是建構內容避免與其他人重覆（如：當甲、乙兩同學都對相對論產生興趣預定構寫相對論故事時，可協商一人選擇廣義相對論，另一人選擇狹義相對論，避免與他人重覆），另外，教師鼓勵同學在建構科學理論故事之際，盡量找出與其他人故事的關連性，透過找到理論與理論之間的關係讓學習者能對科學歷史脈絡的了解更為清晰，藉由找關係的動作讓學生的貼文產生連結，進而達到知識共構目的。由於教師採用原則性教學設計，其提供學習內容更多彈性空間，學生會建構什麼故事、故事之間會不會有關聯都是充滿未知性，故事之間是一個複雜性的系統，最後可得的結

果是無法一開始就能預期得到的，在原則性教學設計提供的彈性跟空間，讓學生建構故事的過程也能以較演化的方式開展。

(三)發表期末反思：最後，修課者期末必須發表課堂期末反思，反思內容為自己認為在這堂課程學到最重要的三件事情，藉此檢視自己過去一學期所學習之內容對自己產生的影響以及重要性。

第三節 學習與教學環境

本研究所使用的 CSCL 平台為知識論壇(Knowledge Forum, KF)，下面就平台設計及使用做說明。

知識論壇設計基礎係植基於知識翻新理論。希望使用者藉由對知識訊息的建構，以促成社群成員集體共構知識與合作(Scardamalia, 2004)。知識翻新理論基本上認為知識是可以不斷被持續改進的(Scardamalia & Bereiter, 2003)，過去的研究也指出運用知識翻新理論與科技，可以有效幫助學生創建集體知識(Hong & Sullivan, 2009; Hong et al., 2008; Lakkala et al., 2005; Scardamalia, 2002; Scardamalia, Bereiter & Lamon, 1994)。因其獨特的操作介面、鷹架功能的提供、以及應用知識翻新理論的環境設計，能讓使用者在使用過程中提升社群的集體反思，達成知識共構以及翻新的目的。學生在知識論壇上的學習介面，如圖 3-2 所示。

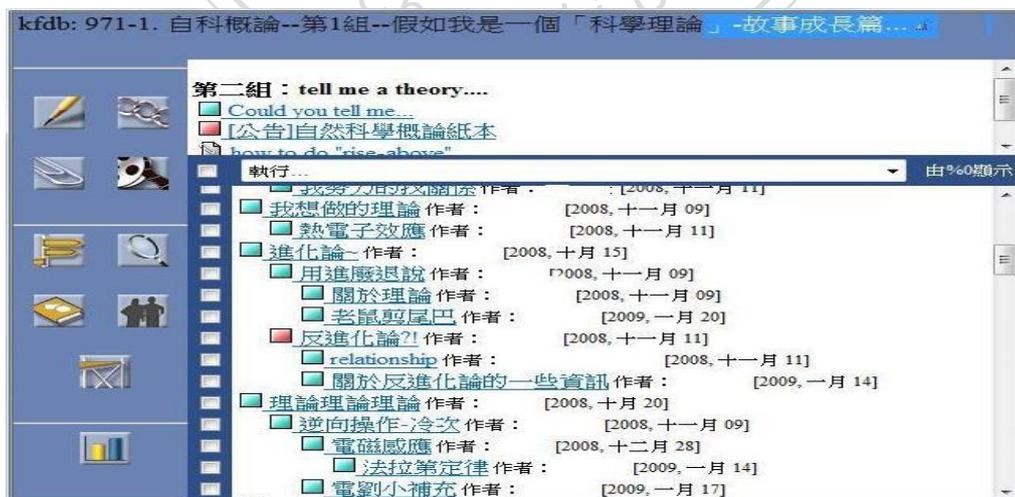


圖 3-2 學生在知識論壇上的學習介面

使用者在登入知識論壇後，會出現其註冊課程，包含課程資訊、討論區文章、連結工具等，所有參與課程的人員都可藉由討論區來進行學習。知識論壇上提供使用者學習的鷹架，同時它不僅只有一般電腦輔助教學軟體的回文(build on)功能，它還包含其它功能，諸如引用(quote)、貼文(note)、協作(co-author)、註解(annotate)、整合想法(rise-above)以及發佈想法(publish)。當學生閱讀他人文章後想對文章做回覆時，可用滑鼠在文章標題上直接點選，會進入如圖 3-3 所示的畫面，畫面上方有「建立」和「註解」功能，「建立」是直接對整篇文章回覆，而「註解」則是在他人文章中直接嵌入自己的看法。

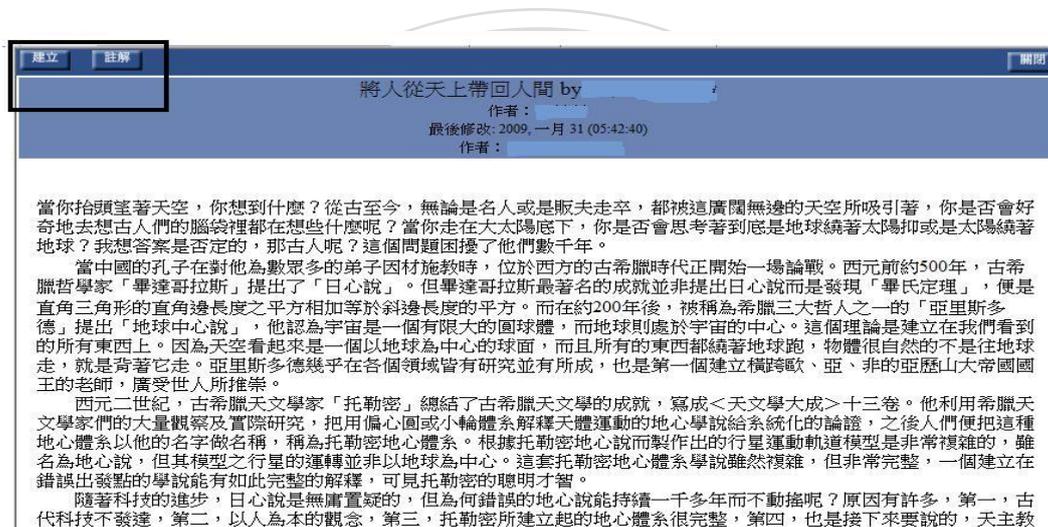


圖 3-3 知識論壇發表文章的介面

點入「建立」的視窗後，在介面的左邊會出現知識論壇設計者所設計的鷹架，如圖 3-4 所示，設計者希望使用者每次在發表文章或是回文之前都可以透過這些鷹架（包括我的論點、我想知道、新的資訊、此論點無法解釋、更好的論點、整合想法）進行再一次的思考，更明白、更確定自己所要表達的想法。另外，即使是回覆別人的文章，標題仍需要發文者自己再思考一次，此舉是希望回覆文章者不一定要沿用舊標題，可以針對自己所回覆的文章內容，提出更適切的標題，也希望討論區所展現的想法不受限制、更多元化。



圖 3-4 知識論壇的鷹架設計

此外，由於知識翻新理論強調不斷修正自己的想法，整合出更成熟的觀點，因此使用者在看完多人文章後，若想要提出一個統整而更高層的想法，使用者可以利用此功能，設計者的目的是為了讓使用者可以更進一步訓練統整的能力，對於他人所發表過的文章翻新，做更高一層的解釋，提昇自我想法。使用者若使用 rise-above 的功能，則發表內容頁面一開始會出現 rise-above 的圖樣，點擊進去之後可以看出使用者統整了哪些文章，詳細介面說明如圖 3-5。



圖 3-5 知識論壇 rise-above 介面

第四節 實施程序

壹、實施程序

本研究之實施程序，依序可分為一、準備階段：開設「自然科學概論」課程、進行一學期課程完整的實施、彙整整學期學生學習檔案；二、研究階段：蒐集文獻資料、撰寫文獻探討、資料分析；以及三、完成階段：撰寫論文初稿、修訂論文。

一、準備階段

本研究課程確定開設，且進行一學期課程完整的實施後，立即彙整整學期學生學習檔案（包含上課紀錄與課堂作業）。

二、研究階段：

（一）初期研究

研究者首先蒐集所需之研究資料，進行整理、觀察、探索、紀錄研究資料並初步分析研究資料，在深入研究資料中，發掘有價值研究主題，並且與指導教授討論論文主題，進而擬定研究主題。

（二）後期研究

擬定研究主題之後輔以蒐集、閱覽相關文獻，待統整與歸納國內外相關文獻後，著手撰寫研究計畫，進行計畫口試，聽取專家意見。計畫口試完畢根據專家意見修改研究計畫，再進行後續正式資料分析。

三、完成階段

完成上述各項研究工作後，除整合文獻探討外，並根據研究分析結果，提出結論與建議，以撰寫論文初稿。論文初稿完成後，參考指導教授的意見，再提出正式論文口試申請，預定經口試委員及指導教授之修正與指導後，完成本研究報告。

貳、本研究整體實施程序

根據前述之三個階段，本研究之整體實施程序圖如下圖 3-6 所示：

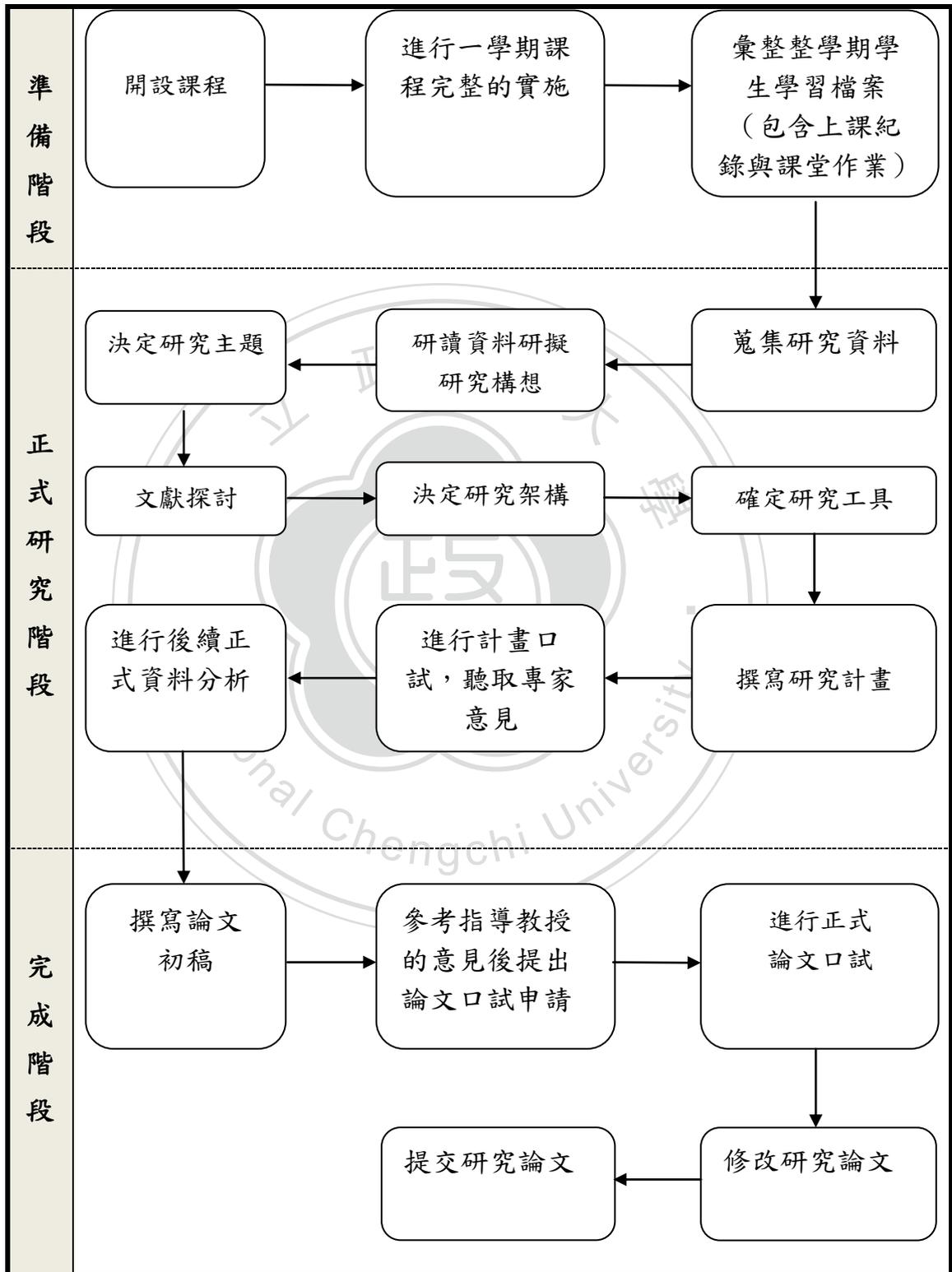


圖 3-6 研究整體實施程序圖

第五節 資料蒐集與資料分析

壹、資料蒐集

本研究所有資料皆來自於知識論壇平台所保存的資料，包括教師與學生的活動情形記錄（如閱讀文章數、註解文章數、與他人文章連結數等等）、學生所有在知識論壇平台上討論與貼文、學生在知識論壇平台上所上繳的期末作業。為了進一步了解教師在這堂課所營造的知識共構文化、學生共構科學史的歷程與結果與其對學生自身的影響，研究資料來源主要選取以下四個部分資料來檢視學生如何在知識共構之後翻新對自然科學史的理解，分別說明如下：

- (一) 統計資料：包括個人發表文章數、與他人文章連結率、閱讀文章數、閱讀貼文百分比、回文數、註解文章數、修改貼文次數等，從這些資料中之量化數據可以了解師生的活動情形。
- (二) 教師在知識論壇平台上所「註解」的文章：授課教師在平台有關張貼文章的動作包括發表文章、回覆文章與註解文章，而教師在平台上與學生互動方式以註解文章為主，因此將選取此部分資料進行分析。
- (三) 學生在知識論壇平台上所建構的科學故事：學生在修課學期中必須選擇一個感興趣的科學理論，透過閱讀他人文章、查找資料等任何收集資訊的方式自行以該理論為主撰寫一則科學理論故事。研究者將以此部分資料窺探學習社群共構科學史的面貌。
- (四) 學生在知識論壇平台上所發表的期末反思：其內容為透過開放性問題在學期末所蒐集的學生學習反思，其開放性問題題目為：回顧你這學期的所有貼文和活動，然後請反思你學到最重要的三件事是什麼，以及它對你有何影響。研究者即以學生的期末反思作為分析資料，以更深入探究學生知識共構歷程對學生產生的影響及重要性為何。

貳、資料分析

本研究將教師在知識論壇平台的活動、學生在知識論壇平台的活動、學生建構的科學理論故事、以及學生的學期反思，進行統整性的資料分析。詳細分析方法分別說明如下：

一、 量化分析

- (一) 描述統計：以平均數、標準差等統計方法，對學生在知識論壇平台上就發表文章總次數、所閱讀的文章數等對學生在知識論壇平台上的活動情形進行概括性的描繪。
- (二) 史皮爾曼等級相關分析：以期末反思編碼為單位，學生反思心得貼文中每出現一次編碼即計算一次，計算學生期末反思編碼強度後，以史皮爾曼等級相關係數分析來考驗學生在知識論壇平台上的各類別活動情形與期末反思各類別強度之間的關係。

二、 質化分析

(一) 教師做註解文章

研究者從期末知識論壇平台上的所有貼文中找出教師做註解的文章。分析方法使用紮根理論中的開放性編碼 (Strauss & Corbin, 1990)，透過質化軟體 NVivo 進行此一部份的質性資料內容分析與統整歸納。

教師做註解文章資料是教師閱讀參與課程的每位學生所張貼的文章後，為了鼓勵學生有進一步的想法或回應學生問題而寫下的註解，也是教師與學生文章互動的模式，根據教師的註解進行開放性編碼共有六項。表 3-1 中所示為各項編碼及實際例子。為了驗證教師做註解文章之編碼信度，研究者透過與第二人再製編碼動作（即研究者提供第二人同樣一段文字與六項編碼，讓第二人判斷該段文字屬於何項編碼），所得之評分者間信度 kappa 值為.973，具有極好的一致性。

表 3-1 授課教師的註解文章編碼與舉例

編碼	定義	舉例
回應學生的問題	針對學生在知識論壇平台上所提出的疑問能給予回應	<ol style="list-style-type: none"> 1. Try to find someone to help you with Word attachment. Or email it to me. OK? 2. thanks for letting me know. I will try to check it out.
給予學生肯定	對於學生完成的作業都能夠給予讚美和肯定	<ol style="list-style-type: none"> 1. Very good story!!! 2. I believe you are a better story-teller than me. Trust your own intuition! :-)
鼓勵更進一步的想法與動作	鼓勵學生能夠合作或做出更進一步的動作與思考；或是對於學生能夠有合作或更深層的理解能夠給予鼓勵	<ol style="list-style-type: none"> 1. Please keep this conversation alive! 2. I am also very pleased to see your deeper understanding of science
關心學生的想法	關心學生想法產生的過程或是學生心中真實的想法	<ol style="list-style-type: none"> 1. [I need to understand] Could you also tell you your "own" thought? 2. I need to understand] Can you elaborate "Why?"
提出主動學習建議	在學生只有堆疊知識沒有產生自己的想法時，會提出希望學生能夠主動學習、翻新別人的看法並表達自己想法與意見	<ol style="list-style-type: none"> 1. By the way, please don't quote "Wiki Encyclopedia" or any other references for now, as I want to know how you really think about "what scientific theory is". Please kindly revise, and use your own words to describe what "scientific theory" is to you
提供多元思考角度	對於學生的想法感到質疑時會提出另一種思考角度讓學生參考，但不強迫學生必須接受老師提供的想法	<ol style="list-style-type: none"> 1. Here is the original English for your reference: "I keep the subject constantly before me, till the first dawns open slowly, by little and little, into the full and clear light'." 「每一個目標，我都要它停留在我眼前，從第一線曙光初現開始，一直保留，慢慢展開，直到整個大地一片光明為止。」 subject here is not 目標 but a topic he was inquiring (e.g., gravity 重力)...Basically, he wants us to know that to understand something, one needs to keep thinking about it and keep improving it and this process may take a very long time...:P

(二) 形成科學故事之討論貼文

研究者從期末知識論壇平台上的所有貼文中找出學生所張貼有關形成科學故事的討論貼文。研究者以主要學習活動做為單位切割，把這 18 週的相關貼文分為三階段（各約六週），包括階段一：討論並確定所要探究的主要理論、階段二：討論並建立理論間的關連性、以及階段三：統整及共構科學史。其分析方法如下表 3-2 所示：

表 3-2 學生知識共構歷程三階段

內容階段	合作方式	主要活動	重要知識翻新原則示例	內容分析
階段一	分工合作	學生開始思考有興趣想做的理論，並開始進行分工與討論	1. 關注學習者真實想法，優先看重真實問題（real ideas, authentic problems）	列出社群成員張貼之有興趣想做的理論或科學家貼文
階段二	以想法為中心的合作	以階段一貼文為基礎，詳列出其理論或科學家文章發展情形，學生並透過討論、及線上互動以改進其文章故事	1. 知識翻新注重對話（knowledge building discourse） 2. 用多元觀點看待想法（idea diversity） 3. 想法是一種不斷改進過程下的暫時說法（improvable ideas）	以階段一貼文為基礎，詳列出其理論或科學家文章發展情形，並以 Microsoft Visio 軟體畫出其連線互動關係
階段三	以想法為中心的合作	學生使用 rise-above 以統整文章，以進一門步完整共構科學史	1. 統整有助邁向超越（rise-above） 2. 社群共創知識、成員共負責任（community knowledge, collective responsibility）	列出所有 rise-above 文章，並以 Microsoft Visio 軟體畫出其連線互動關係

(三) 科學故事

研究者從期末知識論壇平台上的所有貼文中找出學生所張貼有關的科學故事的文章。之後，再進一步統計分析科學家與科學理論被討論的頻率。然後，再以 Microsoft Visio 軟體畫出理論與理論、科學家與科學家、理論與科學家三者之間的關係網絡圖，最後再將關係網絡圖以出現時間排列科學家與科學理論的順序畫出科學史演化圖。關係圖畫法為研究者從每位學生張貼的科學故事中，找出每篇故事提到的科學家或科學理論，當學生原文裡提到的科學家或科學理論之間對於科學理論的產生有關係時，無論是合作、辯證或推翻關係，研究者會將兩者之間畫上一條連線。以下擷取一位學生(S20)的科學故事的部分原文來解釋連線關係圖產生方式：

愛因斯坦的後半輩子，可以說是奉獻給兩件事：一是「統一場論」的發展，一是倡導世界和平。

統一場論是一個將電磁現象和重力理論整合在一起的理論。

愛因斯坦自己認為相對論有 3 個發展階段：

狹義相對論——牛頓運動定律的修正

廣義相對論——牛頓萬有引力定律的改造

統一場論——廣義相對論的推廣

從這段原文的第一行，可以看到愛因斯坦跟統一場論產生關係，因此研究者首先將愛因斯坦與統一場論畫上一條連線，如下圖 3-7 (科學家以圓形表示，科學理論以方形表示)：

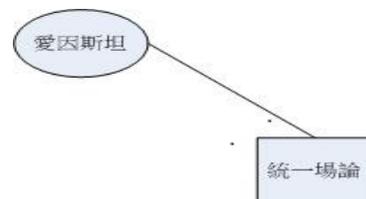


圖 3-7 關係連線方式步驟一

接著從原文第三行的「統一場論是一個將電磁現象和重力理論整合在一起的理論」這句話可以知道統一場論與電磁現象和重力理

論有關係，因此再將統一場論與電磁現象和重力理論畫上連線，如圖 3-8 所示：

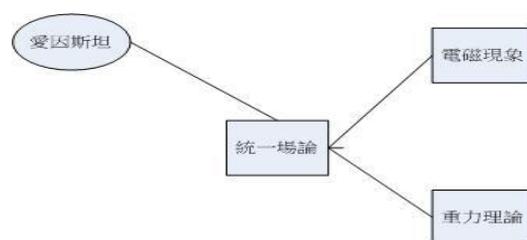


圖 3-8 關係連線方式步驟二

最後從原文的第四行至第七行，可以看出愛因斯坦除了統一場論，也跟廣義相對論和狹義相對論有關係，並且從義相對論和牛頓運動定律有關係、廣義相對論和牛頓萬有引力定律有關係、統一場論和廣義相對論、愛因斯坦和牛頓也有關係。將上述有關係的理論和科學家兩兩畫上連線，如下圖 3-9：

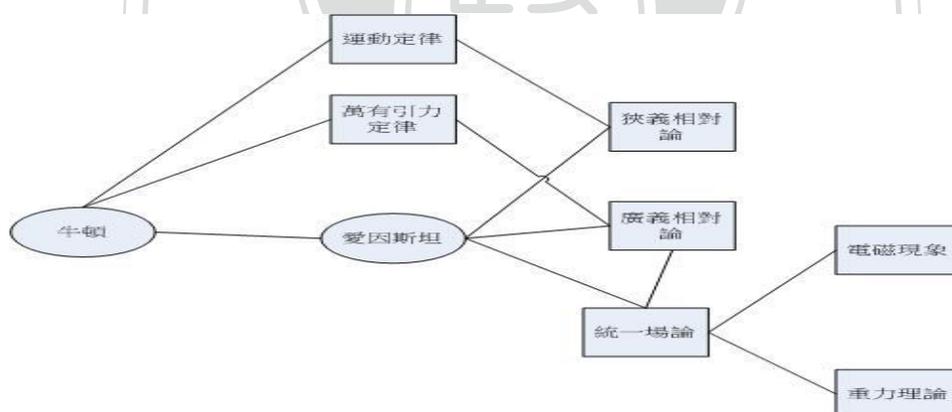


圖 3-9 關係連線方式步驟三

研究者利用上述關係連線方式，以此類推畫出每位學生的科學故事關係圖。藉此以探討學生在知識分享與合作討論的過程中，如何透過社群合作以集體建構科學史。為了驗證科學故事關係圖之信度，研究者透過與第二人再製故事關係連線（即研究者提供第二人同樣一段文字，標誌出該段文字提到的科學家或科學理論，讓第二人判斷兩者之間是否有關係），所得之評分者間信度 kappa 值為.891，具有良好的一致性。

(四) 學生期末反思心得

學生期末反思心得資料是由參與課程的每位學生實際針對整學期課程結束後的自我檢視與探究，研究者從期末知識論壇平台上的所有貼文中找出學生期末反思的文章。分析方法使用紮根理論中的開放性編碼(Strauss & Corbin, 1990)，透過質化軟體 NVivo 進行此一部份的質性資料內容分析與統整歸納。根據學生的回文進行開放性編碼共有十一項。表 3-3 中所示為各項編碼及實際例子。為了驗證期末反思之編碼信度，研究者透過與第二人再製編碼動作（即研究者提供第二人同樣一段文字與十一項編碼，讓第二人判斷該段文字屬於何項編碼），所得之評分者間信度 kappa 值為.902，具有極好的一致性。研究

表 3-3 學生期末反思之編碼及舉例

分類	編碼	定義	實際例子
個體建構知識	獨立思考	對事實的認知了解後，能做出意義深遠的思考，自行判斷該相信什麼、該怎麼做。	我會自己思考，我想這是一件非常重要且實用的事。(S11)
	勇於表達	不管在課堂上或在平台上都能勇敢且自主地表達自己的意見。	只有表達了，才能與他人互動，才能幫助他人也幫助自己。(S39)
集體分享知識	互動討論	與他人建立關係，不限地點不限方式，能夠向他人分享意見或想法，也能接收他人的意見或想法。	經過人們的意見交換、心得分享，才有了進一步的研發改進，這才深覺平台系統的意義。(S34)
	合作	與另一個人或其他人一起行動或工作、協同完成任務。	在一起合作的過程中，我們互相分工，完成了期末故事的報告，也有了一次非常好的合作經驗。(S04)
集體建構知識	延伸思考	對於他人的想法觀點能夠再深入思考，打破原有思考的界限。	試著去將每件事聯繫看看，打破僵化的邊界，延伸思考每個可能與不可能，這將會建立出與別人不同的思考。(S14)

尋找關聯	試圖尋找出兩者之間的關係，而這兩者之間的關係是原本沒有覺察到的。	當我撰寫故事時需要許多輔助資料為主要理論做基礎,進而我發現了理論與理論間的必要關聯性。(S30)
質疑知識	對於知識的正確性能夠抱持懷疑的態度，或認為知識沒有絕對性、沒有標準答案。	我們是否應該時時思考，常常懷疑，希望能對每一件事情找到新的看法或是更完美的解釋(S40)
多元知識觀	對於知識能夠從各種角度去思考去了解。	我從不同的角度敘[去]思考同一個問題，結果竟是的[得]到不同的答案。(S05)
整合知識	能夠體認到原有知識的不足進而尋找新知識，並將新舊知識整理做連結。	並且我發現通常一個理論並無法滿足我對撰寫理論故事的充分慾望。我需要其他的理論來輔佐我的想法並且不斷以其他想法驗證我的故事可行性。(S30)
修正知識	認為知識沒有正確答案或標準答案，可以不斷地被修正、持續地被改進。	透過論壇，讓我體會到「修」的重要，只有不斷的修正、修改，才會讓我們了解更多，變得更好。(S39)
創新知識	引進新知識並改變已建立的知識或是創造出新的知識，如創造力、創意。	創意在生活中也好重要，但她不是一時半刻可以培養出來的，所以需要持續。(S13)

第四章 研究結果與討論

本節敘述研究結果以回答本研究的三個主要研究問題：(1) 探討學習社群成員(含授課教師與學生)在知識論壇平台上的活動情形；(2) 分析學習社群在 CSCL 環境中的知識共構歷程與結果；以及 (3) 探討學生在經歷一學期知識翻新後的期末反思情形，以及與他們在 CSCL 環境中的知識共構歷程的相關性。以下分別做進一步說明。

第一節 學習社群成員在知識論壇平台上的活動情形

壹、授課教師在知識論壇平台上的活動情形

資料顯示授課教師在一學期的課程中，發表文章數為 26 篇，閱讀貼文百分比為 100%，而在文章中註解的篇數則有 271 篇，如表 4-1 所示。顯示出授課教師對於學生每一篇在知識論壇平台上討論與對話的貼文 (N=720 篇，M=17.1，SD=7.9) 都會閱讀，且多數以在文章中做註解的方式與學生的貼文互動。

表 4-1 授課教師在知識論壇平台上的活動情形

活動項目	總數
發表文章數	26
閱讀貼文百分比	100%
註解文章數	271

研究者將授課教師所有在平台上的註解文章進行開放性編碼，結果共產生六項編碼：(1)回應學生的問題、(2)提供多元思考角度、(3)鼓勵更進一步的想法與動作、(4)提出主動學習建議、(5)關心學生的想法、及(6)給予學生肯定。

接著，研究者針對上述 6 項開放性編碼與 Scardamalia (2002) 提出知識翻新理論之 12 項原則概念其中 6 項原則概念做對照，上述 6 項開放性編碼皆能與 Scardamalia (2002) 提出知識翻新理論之原則概念相對應，表 4-3 顯示，授課教師在知識論壇平台上以在文章中做註解的方式與學生

貼文互動，而每篇註解皆能以遵循 Scardamalia (2002) 提出的知識翻新理論原則概念方向前進。以提供多元思考角度為例，教師的註解原文如下：

[I need to understand] I thought all comets travel around a star (e.g. the sun) in a highly elliptical orbit. In other words, there are certain rules deciding how they travel. This is just my theory. I could be totally wrong. :-)

從教師的文章可以看出儘管對於學生的文章有所質疑，教師只是提供另外一種角度的說詞與看法，並非強硬指出學生為錯，教師答案才是正確答案，這與 Scardamalia (2002) 的「用多元觀點看待想法」原則不謀而合。接著看提出主動學習建議，教師在此編碼的一篇註解原文：

By the way, please don't quote "Wiki Encyclopedia" (維基百科) or any other references for now, as I want to know how you really think about "what scientific theory is". Please kindly revise, and use your own words to describe what "scientific theory" is to you.

從這邊註解可以發現學生在學習上如果只有被動地吸收知識，不曾質疑、不曾思考，教師會希望學生應該要主動追求知識、主動的提出自己的想法這樣才能與他人想法產生交流，而非僅只整理文獻資料就認為已完成學習。這就符應了 Scardamalia (2002) 的「成為知識的自主追求者」原則。最後以關心學生的想法為例，教師在此編碼的原文如下：

You said, "負面價值的理論還是有其存在的必要性". Good point! [I need to understand] Can you elaborate "Why?"

這篇原文來自於學生闡述「如何決定一個科學理論的價值」的想法時，授課教師對學生所下的註解。當時學生的原文為：

對人們的日常生活有幫助，或是對生物與地球環境等等有益的科學理論，其價值性就會比危害生物、地球環境的理論來得有正面價值；但是屬負面價值的理論還是有其存在的必要性。

從學生的原文看來只有陳述知識，學生提到『負面價值的理論還是有其存在的必要性』，只能看見知識的陳述，無法清楚看到學生如何產生此想法的過程或是對此知識真實的想法時，教師會提醒學生發表自己真實的想法，重新檢視自己的學習，這就是對應了與 Scardamalia (2002) 的「關注學習者真實想法，優先看重真實問題」原則。而其後學生針對老師的註解也做出進一步的闡釋：

二次大戰原子的出現，受害的不只有當時的廣島居民，更影響了他們後代的子孫；而現在的我們了解其威力後，不僅不敢使用它，更能深刻體會戰爭的可怕，所以我說負面價值的理論，仍有其存在的價值。

從學生提出想法，老師做註解，直至學生做出更進一步闡釋想法的過程來看，授課教師在課程中以原則為基礎的教學方式與學生互動模式能讓學生對知識更深層的理解，也更可以觀察出學習者真實的想法。

由上述的例子發現，授課教師在經營此學習社群所扮演的角色由傳統的教導者轉為協助者。詳細閱讀學生的每篇貼文，並且以為文章做註解的方式取代直接性地回文，而註解的方式大致能符合 Scardamalia (2002) 提出的知識翻新理論原則概念，授課教師無論是在課堂間或是在知識論壇平台上，都營造出以知識翻新為原則的環境，提供學習社群知識共構的良好根基。在課程裡充分運用知識翻新之十二項原則是教師想要達到的理想境界，雖然從研究來看授課教師的註解活動集中在某幾項原則（如關注學習者真實想法，優先看重真實問題），無法具體實現每一項原則（如內在評價精神有助知識翻新），教師經營知識翻新環境還有待改進的空間，不過最重要的是教師的教學設計還是能以原則持續發展，以達到十二項原則

為努力的目標，而非無法實現每一項原則就斷然放棄。了解授課教師營造的知識翻新環境之後，研究者更關心的是學生在電腦支援合作學習環境中的活動情形與知識共構表現，因此接下來檢視學生在知識論壇平台上的活動情形並在後面幾節分析知識共構表現。

貳、學生在知識論壇平台上的活動情形

瞭解授課教師營造出知識翻新的學習環境之後，本研究進一步探討學生在知識論壇平台上的活動情形。學生為建構科學故事而在知識論壇平台上討論與對話的貼文總共有 964 篇，每人的平均貼文次數為 17.1 次、每人平均閱讀貼文次數為 307.2 次，貼文連結百分比平均達 47.2%，下表 4-2 顯示出學生在知識論壇平台上的詳細活動情形。

表 4-2 學習社群成員在知識論壇平台上的詳細活動情形

活動項目	Mean	SD
貼文總次數	23.0	14.54
閱讀貼文次數	307.2	177.26
修改貼文次數	11.2	12.06
回文次數	6.0	3.93
註解次數	5.3	5.75
貼文連結百分比	47.2%	23.17%

學生在閱讀活動相較貼文或回文活動而言顯得較為活躍，研究者推測，有此結果是因為學生大量閱讀知識論壇平台上的文章後，只挑選出與自己建構的理論故事有提及自己理論的文章做回文，進行有選擇性的回文，此外，教師授課指派作業為建構出「一則」科學理論故事，並鼓勵學生找出與自己科學故事有關聯的理論或科學家，因此學生透過大量閱讀文

章、努力在從每一篇貼文找出與自己故事有相關的資訊，之後才會張貼自己的完整理論故事。儘管如此，學期社群成員在知識論壇平台上的互動討論並不限於主動建立文章發表想法，知識論壇平台的設計提供比較多元的互動機制，除了希望能夠對其他人的文章踴躍回應不同的想法，還可以不斷翻新自己的想法。閱讀貼文次數、回文次數、註解次數、貼文連結百分比都是學習社群在知識論壇平台中與他人互動的活動項目，不過對學習社群來說，彼此之間深層次、高水準的連結是非常重要的，學習者具有共同的學習興趣和共同的目標就是學習社群之所以存在的理由（甘永成，2004）。Scardamalia（2002）也提出知識是社群所共同擁有，對它負共同責任。所有成員應共同承擔責任，以進行高層次與有深度的知識共構。因此上述互動的活動項目代表意義於第二節以質化內容分析探討學習社群成員在電腦支援合作學習環境中，透過各種方式互動的知識共構歷程及其產生的成果。

第二節 學生在電腦支援合作學習環境中的知識共構歷程與結果

壹、知識共構歷程

前一節提及學生為建構科學故事而在知識論壇平台上討論與對話的貼文總共有 964 篇，而這 964 篇文章並非一夕之間憑空產生，是學生從學期初到學期末為期 18 週在平台與社群成員互動討論的結果。研究者以主要共構活動與時間做為單位切割，這 18 週的文章共可分為三階段（各約六週），包括階段一討論並確定所要探究的主要理論、階段二：討論並建立理論間的關連性、以及階段三：統整及共構科學史。

一、知識共構歷程階段一

表 4-3 顯示，學習社群成員在階段一時各自提出自己想做的理論或科學家故事，此時學生的貼文字數大多十分簡短，貼文內容主要是簡單扼要提出自己想做的理論或科學家故事，與其他同學較難產生連結。以兩位同

學貼文做舉例如下：

- 1.科學理論:熱電子效應
- 2.發現此種理論者:愛迪生」(S02)

「我想介紹的科學家是希臘的阿基米德!! 據說他確立了力學的杠桿定理之後，曾發出豪言壯語：『給我一個立足點，我就可以移動這個地球!』，被譽為『力學之父』。當然還有他最有名的真假皇冠故事的浮力原理囉!! 另外，阿基米德還有幾何方面的數學成就也! 真是一個多才多藝的性情中人 你們說是不是啊!!!!!!」

(S23)

如果有其他學生重複提及想做的理論或科學家時，學生之間會彼此協調，如 S02 與 S29 兩位同學原意都是想做愛因斯坦相對論的故事，S02 的原文如下：

「關於這次的理論主題我想作的是愛因斯坦的相對論，我覺得不論是在自然界領域中 EX:宇宙時空...，或是人文社會的價值觀等，均可以作相當程度的結合。」(S02)

而 S29 同學在該篇文章註解「我也要做愛因斯坦」，但是經過兩人之間的協調之後，S29 同學則更改為萬有引力理論。其協調結果之原文如下：

「我沒有 THROEY 辣! 只是想跟你說...感謝你換題目了...不過其實我們也可以一個做廣義相對、一個做狹義相對。」(S02)

從上述學生的貼文可以看出彼此之間屬於分工式合作，各自做各自的理論，而且貼文內容也較簡略，內容只有簡要提及想做的理論名稱，與其他學生的貼文之間看不出任何關連性，此一階段尚且無法觀察出知識共構的跡象。

表 4-3 學生知識共構歷程階段一

學生代碼	想做的理論或科學家	學生代碼	想做的理論或科學家
S01	熱力學第一定律		鯰魚效應
S02、S29	相對論	S24	極鋒原理
S03、S42	熱電子效應		氫輪效應
S05	血液循環	S26	亞佛加厥
S09	克卜勒行星運動定律	S27	虎克
S10	史帝芬·霍金	S29	萬有引力
S11	霍桑效應		牛頓
S12	渾沌理論	S31	長尾理論
S13	哈伯定律		溫室效應
S14	白努力定律	S32	法拉第
S17	冷次定律	S33	伽利略
	莫非定律	S34	道耳吞原子說
S18	DNA 雙股螺旋構造理論	S36	孟德爾
S20	蝴蝶效應	S37	遺傳定律
S22	愛因斯坦	S38	居禮夫人
S23	馮紐曼	S39	愛迪生
S24	阿基米德	S40	量子力學
	馬太效應	S41	進化論

二、知識共構歷程階段二

資料顯示，進入階段二後，學生除了在課堂上所學，教師會鼓勵學生在平台多與其他同學互動和討論，並且試著找出與其他人想做的故事之連結，故在階段一的貼文會有其他同學加入討論並回文，而回文的內容包含同學針對故事聯結做出的回應或是針對其理論或科學家內容做資料補充。不過，這之中也有同學會向老師反映找不到關係，並非每一位同學都能順利找到他人故事與自己故事的關係，也就是說同學在此一階段的知識共構情形有些可以產生連結、有些還無法順利與他人的知識產生連結。以下舉三位同學之回文為例：

「你家的阿基米德和我家的伽利略發生關係了！（羞）雖說，阿基米德的浮力原理表面上與伽利略八竿子打不著關係（不要跟我說

一個裸奔，一個偷窺，都是變態 囧>) 但是，事實上伽利略他非常尊敬阿基米德呢！甚至還用浮力原理來企圖探討落體運動的規律以反駁亞里斯多德被奉行已久的理論嘞！」(S33)

「哈維追尋哥白尼及維薩留斯之後塵，到伽利略任教的帕都大學去學醫。(所以哈維受到哥白尼的部分影響，可以這麼說嘛) 而哥白尼與克卜勒學說相互有關(這三條定律將太陽系用數學結成一體，使哥白尼的太陽中心說得以確立，開創了天文學的新紀元。)<---就你所說 也就是說他們三人的關係是

克卜勒<----->哥白尼----->哈維

(天文領域).....(可能是思想...我猜哈維崇拜哥白尼)

天文與生物看似沒有關係~ 但科學家與科學家間似乎有著微妙的關聯呀 (好像說的有點牽強~~但我真的在努力找關係...因為大家跟我有關的理論好少)」(S05)

「我剛認真看了一下，找到電磁感應，是法拉地提出的。而 1832 年冷次得到法拉第發現電磁感應現象的消息之後，開始做實驗並發現到感應電動勢與線圈的直徑、導線的直徑和材料無關。在他得知法拉第尚沒有解決如何確定感應電流的方向問題後，便決心由自己來解決此問題。於是他就對產生電磁感應的各種情況，做了大量實驗並進行周密的分析。1833 年他總結了自己的實驗結果，寫出論文《論動電感應引起的電流的方向》，並向彼得堡科學院做了報告，宣布他發現了電磁感應的基本定律，即我們所熟知的『冷次定律』。並且，我在資料中看到一段話。想起老師上課中也有提過是這樣的：磁變地電這種偉大發現的幸運何以偏偏落到一訂書徒出身的法拉第身上？原因很多，但有一點卻應引起我們特別的注意。就是十年前奧斯特通過實驗將電變磁，法拉第聽說後即反過來這麼一想：磁能不能變電？這便是一種相似思維。原來世界上的事物都是互相聯系的，而這種聯系常常表現為它們之間的各種相似，抓住這個相似點也即抓住了它們的紐帶，偉大的發現常常由此而始。阿基米德身在澡盆想到物體在逐水」(S14)

第一個例子是 S33 同學針對 S23 同學在階段一的貼文提到想做阿基米德故事做出回應，S33 同學的貼文表示伽利略企圖以阿基米德的浮力原理來反駁亞里斯多德的落體定律，因而 S33 同學的伽利略故事與 S23 同學的阿基米德故事產生連結。第二個例子則可以看出 S05 同學試圖與其他同學故事做出連結，但是由於其提出之連結是自己推測出來顯得連結關係非常薄弱，因此反映出與他人故事找出連結有其困難性。第三個例子則是 S14 同學在階段一提到想做冷次定律的故事，之後有其他同學回文冷次定律與電磁感應有關係，因此 S14 同學再去蒐集了電磁感應與冷次定律有關係的資訊並做出回響，以 S14 提出的第一篇文章為主而延伸討論群組之篇數共有 5 篇，包含其他同學提出法拉第定律與電磁感應、冷次定律的關係或是做出有關電流資料的補充。

階段一的貼文有些如 S14 同學貼文能引出各種互動關係之回文漸而讓該理論故事能夠在後續階段完成，也有些文章因為與自然科學領域無關而無法存續。對於階段一貼文到階段二的延伸討論篇數、故事互動連結關係、故事存續之詳細情形如下表 4-4：

表 4-4 學生知識共構歷程階段二

學生代碼	理論或科學家	延伸討論之篇數	延伸討論之互動關係	最終存續情形
S01	熱力學第一定律	11	第零定律、第二定律、電學	完成故事
S02	相對論	6	哈伯定律、都卜勒定律	完成故事
S03、S42	熱電子效應	1	奈米	完成故事
S05	血液循環	4	心動論	完成故事
S09	克卜勒行星運動定律	3	日心說、牛頓三大定律	完成故事
S10	史帝芬霍金	4	愛因斯坦、馮紐曼、大爆炸	完成故事
S11	霍桑效應	0	無	無存續
S11	混沌理論	2	蝴蝶效應	完成故事

S12	哈伯定律	1	無	完成故事
S13	白努力定律	3	牛頓、血壓	完成故事
S14	冷次定律	4	電磁感應、法拉第定律	完成故事
S17	莫非定律	0	無	無存續
S17	DNA 雙股螺旋構造理論	4	遺傳定律、X 光、倫琴、勞厄	完成故事
S18	蝴蝶效應	1	混沌理論	完成故事
S20	愛因斯坦	1	量子立學、馮紐曼	完成故事
S22	馮紐曼	6	費曼	完成故事
S23	阿基米德	10	伽利略	完成故事
S24	馬太效應	4	反進化論	無存續
S24	氫輪效應	0	無	無存續
S24	鯨魚效應	0	無	無存續
S24	極鋒原理	5	溫室效應	完成故事
S26	亞佛加厥	0	道耳吞	無存續
S27	虎克	3	無	完成故事
S29	萬有引力	5	白努力定律、相對論、克卜勒行星運動定律、視差	完成故事
S29	牛頓	8	愛迪生、伽利略	完成故事
S31	長尾理論	1	無	無存續
S31	溫室效應	1	全球暖化、蝴蝶效應	完成故事
S32	法拉第	1	電磁感應	完成故事
S33	伽利略	5	哥白尼	完成故事
S34	道耳吞	3	焦耳	完成故事
S36	孟德爾	2	達爾文、拉馬克	完成故事
S37	遺傳定律	5	DNA 雙螺旋結構	完成故事
S38	居禮夫人	7	無	完成故事
S39	愛迪生	7	無	完成故事
S40	量子力學	1	超導原理、相對論、熱力學第一定律、能量不滅	完成故事
S41	進化論	6	用進廢退說、反進化論、馬太效應	完成故事

把上述表 4-4 學生知識共構歷程階段二整理成關係圖，當理論或科學家之間有發展出互動關係的即畫上一條連線，如 S09 的克卜勒行星運動定律貼文，經過同學延伸討論之後的回文提出與克卜勒行星運動定律產生關係的有日心說和牛頓三大定律，因此將克卜勒行星運動定律與日心說、牛頓三大定律分別畫上連線，以此類推畫出每位同學各自的理論或科學家與其互動關係，則可以整理出如下圖 4-1。

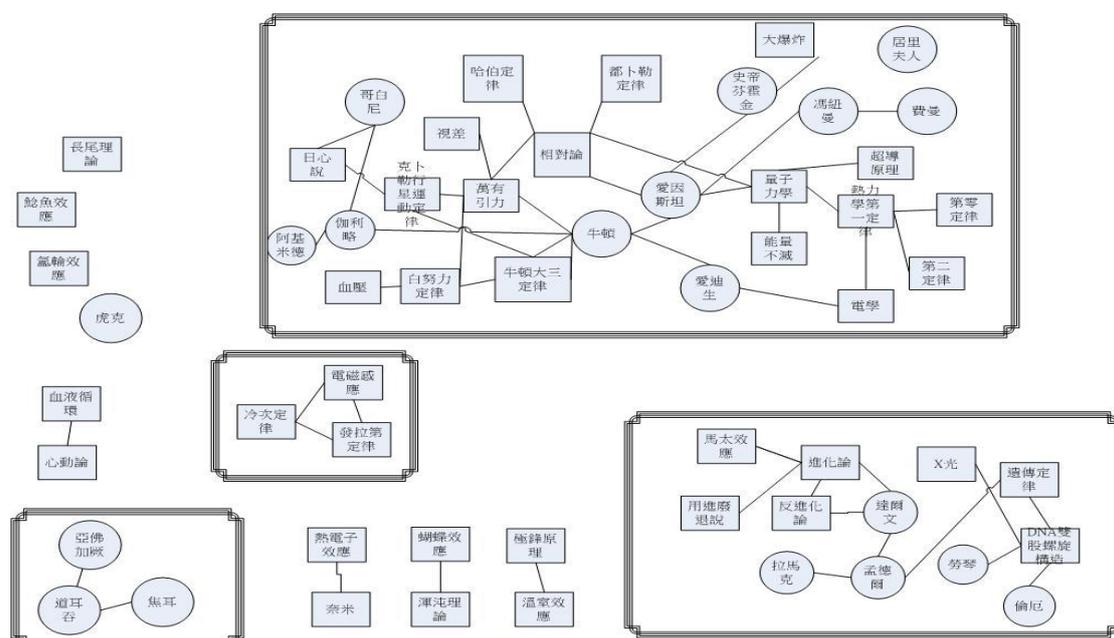


圖 4-1 學生知識共構歷程階段二

從圖 4-1 可以看出圖上方有一較大群組，圖下方有三個較小群組，群組周圍還有只有一條連線關係甚至是沒有與其他理論或科學家有互動關係的理論或科學家。這張圖顯示出學生在階段二時期已經初步能與某些同學產生知識上的連結，學生和學生之間的互動討論逐漸讓他們形成群組關係，學生雖然正在獨立發展自己的理論故事，但是透過閱讀、回文討論可以發現自己的故事已經能與某些同學產生連結，雖然尚且無法達到全班集體共構的成果，但是顯然已經比階段一的分工狀況更加進步，隱約可窺見知識共構的面貌。

三、 共構歷程階段三

在第三階段，學習社群成員已經陸續完成自己的科學理論或科學家故事，每篇故事完成之前都是經過學生大量的閱讀、回文、討論等互動方式，因此學生可以透過知識論壇平台清楚得知哪些貼文提到的科學家或科學理論是與自己的科學故事有關聯、有知識上的互動，因此教師在此階段會鼓勵同學進行 rise-above 的動作，透過此動作可以讓科學理論與科學家之間的關連更清楚的呈現出來。經過統計，rise-above 文章共有 15 篇，而每篇 rise-above 文章裡皆統合數篇有關連的文章，如「電學之父—法拉第」此篇 rise-above 文章共統合了五篇文章包括「電學之父法拉第」、「電流的磁效應」、「相對論和電磁學」、「電流磁效應&冷次」以及「電磁感應 v.s. 電流磁效應」。所有的 rise-above 文章如圖 4-2 所示。

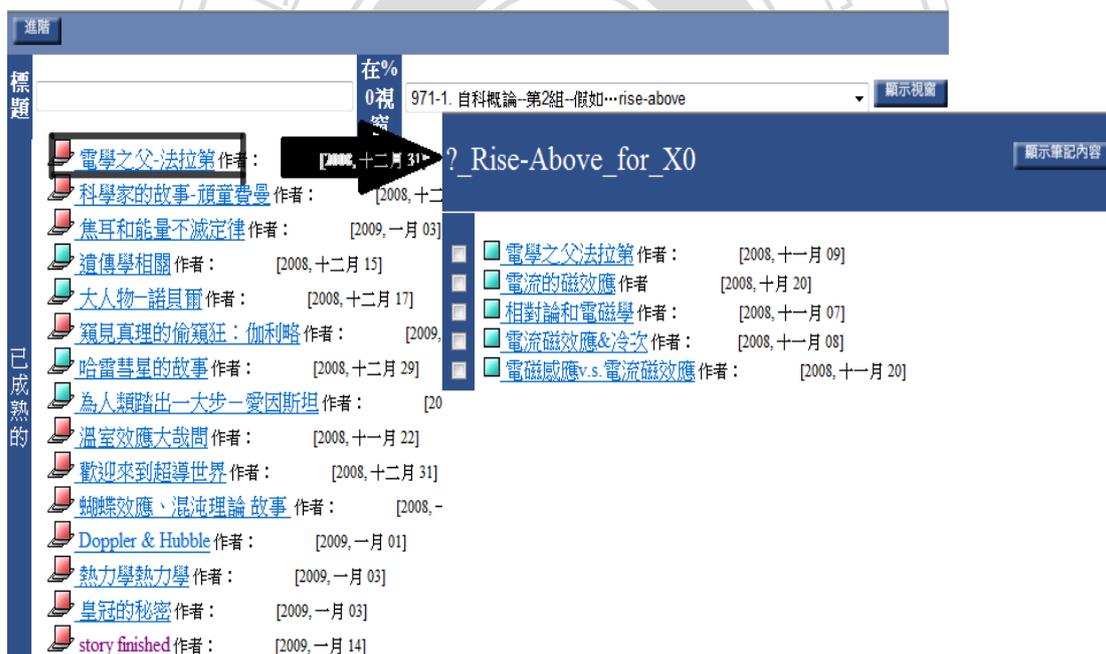


圖 4-2 rise-above 文章列表

由於每一篇 rise-above 文章之下還統合了數篇文章，因此表 4-5 列出所有 rise-above 文章的統合篇數，資料顯示平均每一篇 rise-above 文章統合約 5.5 篇的文章，平均每一篇 rise-above 文章總字數約 4300 字數，意即同學之間的互動討論關係十分密切，貼文和貼文之間並非風馬牛不相干，雖

然自己和別人建構不同的故事，但是這些故事之間的連繫透過 rise-above 的功能變得顯而易見；且藉由 rise-above 的功能，也讓學生自己的故事內容更加豐富，要做出 rise-above 的文章平均要閱讀 4300 字才能夠適時的在故事裡加入相關的資訊，提升貼文與貼文之間的關連性，經過 rise-above 後的文章已不再像階段一簡單提及想做的理論故事名稱，也把階段二延伸討論串的文章去蕪存菁，留下與自己故事相關連的文章，在加入其他討論串有相關連的文章，讓每篇貼文和每個討論串透過統合功能夠互相連結。

表 4-5 rise-above 文章列表

統合篇名	統合篇數	總字數
電學之父-法拉第	5	2630
科學家的故事-頑童費曼	6	4160
焦耳和能量不減定律	5	3168
遺傳學相關	5	1572
大人物-諾貝爾	5	3697
科見真理的偷窺狂：伽利略	9	8218
哈雷彗星的故事	2	2251
為人類踏出一大步—愛因斯坦	10	13110
溫室效應大哉問	3	678
歡迎來到超導世界	3	2469
蝴蝶效應、混沌理論故事	5	2796
Doppler & Hubble	9	5828
熱力學熱力學	10	2670
皇冠的秘密	2	1846
Story finished	3	9412
總計	82	64505
平均	約 5.5	約 4300

下圖 4-3 為學生知識共構歷程到達階段三的圖示，灰底色表示該理論或科學家無存續，粗黑線代表從階段二到階段三透過互動討論與 rise-above 功能新增加的關係連線。比起第一階段貼文單一存在、第二階段貼文雖有連結但仍呈現分散群組狀態，在階段三，同學能夠掌握統合的功能，讓自己的知識能夠與更多人的知識結合起來，透過大量互動討論與 rise-above 的功能，貼文跟貼文之間的連結更加緊密，因而階段二的小群組也互相結合起來，全班的貼文形成一個大群組，在第三階段達到知識共構的結果。

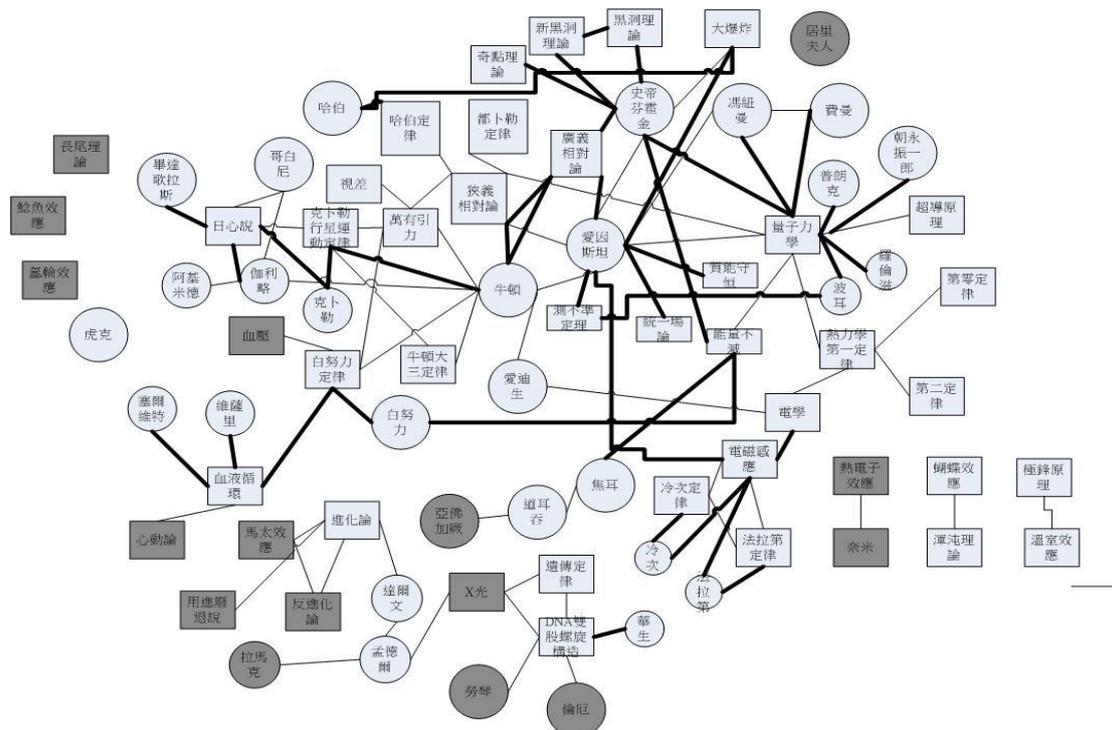


圖 4-3 學生知識共構歷程階段三

壹、科學家與科學理論被論及的頻率

資料顯示，同學們在一整學期中透過合作方式建構科學理論故事共有 35 篇。其中被提及的科學家共有 73 位，而被提及的科學理論則有 45 個，意即平均每篇故事裡科學家與科學理論都被論及不只一次。除此之外，同一科學家或同一科學理論也不止一次在某一篇文章中被提及。表 4-6 所示為每篇故事提到的科學家及科學理論總數，平均每篇故事論及 4 個科學家、3 個科學理論。如 S09 貼文「天旋地轉，行星動了」故事裡，總共提到四位科學家：哥白尼、第谷、克卜勒、牛頓；四個科學理論：克卜勒行星運動定律、日心說、運動定律、重力定律。由此可推論出科學家與科學理論在同學集體共構的科學史裡出現次數頻繁、關係密切，故事與故事之間互有連結並非獨立存在。

表 4-6 故事貼文提及的科學家及科學理論總數

學生貼文	提及科學家總數	提及理論總數	學生貼文	提及科學家總數	提及理論總數
S01	5	3	S23	4	2
S02	10	3	S24	4	2
S03、S19	9	4	S25	2	1
S04	10	2	S27	4	4
S05	6	2	S29	1	0
S06、S14、S26	4	2	S30	2	4
S07	1	0	S31	0	1
S08	4	4	S32、S39	2	1
S09	4	4	S33	7	4
S10	8	13	S34	7	1
S11、S18	1	2	S35	10	7
S13	2	4	S36	1	1
S15	11	5	S37	5	2
S16	3	3	S38	4	1
S17	6	3	S40	8	6
S20	5	9	S41	2	2
S21、S28	3	5	S42	2	1
S22	2	3			

貳、學生個別建構其科學史故事範例

同學們在一整學期中透過合作方式建構科學家或科學理論故事共有 35 篇，這 35 篇故事是同學透過大量閱讀平台上其他人貼文、努力蒐集所有相關資料才完成，每篇故事篇幅長短不一，但都是學生經過一學期的互動，努力閱讀每一篇文章找出相關資訊後並做出資料整合、對照文獻等動

作後竭盡所能才完成的故事，以下舉兩位同學建構的科學故事做為範例：

愛因斯坦的故事（S22）

愛因斯坦 1879 年 3 月 14 日生於德國的小鎮烏姆，他在慕尼黑度過童年時代。少年時期的他熱愛平面幾何學的證明方法，他用心讀了「自然科學通俗讀本」，這本書把光速的問題放在最前面，以此作為所有自然觀察的開端，給他留下了深刻的印象。在他高中的最後一年，父親移民到義大利，愛因斯坦決定放棄德國國籍，前往瑞士繼續學業。高中畢業之後，他進入蘇黎士的聯邦工科學大學。事實上，他並不是一個老師心目中好的學生，因為他常常被某些問題深深的吸引，而投入全部的興趣和時間，對於不感興趣的必修科目，一點也不想費心思。1900 年大學畢業之後，由於愛因斯坦給教授的印象不佳，使他沒能如願留校擔任助教。失業兩年後，他在瑞士的專利局謀得一份工作，職務是對所有的發明作初審，並將每一件發明的細節，用清晰而有系統的文字表達出來，這是一件很不容易的事，卻使他有機會學到新奇的觀念，對於任何提出的假設，都能很快的把握住要點和結果。

愛因斯坦 26 歲時，在沒有任何名師指導、缺乏研究的儀器和資料下，完成了 4 篇革命性的論文。最重要的一篇《論運動物體的電動力學》，就是所謂的「狹義相對論」，愛因斯坦在論文中提出了兩個原理：光速恆定以及相對性原理。這兩條原理有著驚人的推論，它根本地改變了牛頓的時空觀、改變了人類對宇宙的看法，將牛頓定律視為一個特殊例子，只有在速度很慢時才適用。（舉例說明：一卷錄音帶，如果在地面的收音機裡播放，需一個小時；在飛快速度的飛船裡，飛船裡的人測定也是一個小時。但是如果是地面人員用自己的鐘錶，測定飛船中錄音帶播放完的時間呢？根據牛頓的絕對時間理論，應該也是一小時；但是愛因斯坦認為應該是一個多小時，時間是相對的，不同情況下測量的時間長度是不一樣的。）狹義相對論的問題發表後，愛因斯坦著手廣義相對論的問題，整整思考了八年。廣義相對論實質上是萬有引力的問題，在他的《廣義相對論基礎》中，愛因斯坦假定重力不是一個力，而是在時空連續

體中一個扭曲的場，而這個扭曲是由於質量存在造成的。這篇論文被認為是 20 世紀理論物理研究的最高峰。愛因斯坦不尋常的主張自然引起了爭論，幸好理論終於找到機會驗證：1919 年有一次日全蝕，利用廣義相對論計算星光經過太陽邊緣時產生的偏折，會比傳統牛頓力學計算的大上一倍。英國天文學會派遣了兩支觀察隊，一支到巴西，一支到西非進行觀察測量，來驗證愛因斯坦的理論是否正確，全世界的科學家都屏息以待。此時，愛因斯坦的好友普朗克(量子力學創始者)徹夜未眠，急著想知道觀測結果，而愛因斯坦卻信心十足，安心的去睡覺，他說：「如果普朗克真正瞭解廣義相對論，那麼他一定跟我一樣，安心地睡大覺了！」結果觀察隊的觀察證實了愛因斯坦的預測，這馬上成為所有媒體的頭條新聞，轟動了全世界，一般大眾也開始認定愛因斯坦是世界級的人物！

愛因斯坦的後半輩子，可以說是奉獻給兩件事：一是「統一場論」的發展，一是倡導世界和平。統一場論是一個將電磁現象和重力理論整合在一起的理論。愛因斯坦自己認為相對論有 3 個發展階段：

狹義相對論——牛頓運動定律的修正

廣義相對論——牛頓萬有引力定律的改造

統一場論——廣義相對論的推廣

他不倦的思索研究了 30 多年而終未成功，晚年他曾感慨的說：「統一場論將被遺忘，但在未來會被人們重新發現的！」有些人批評愛因斯坦，一個問題花了 30 多年竟然得不到結果，但是，科學的重點不在尋求答案，而在發掘問題，愛因斯坦當時所發掘出來的許多問題，或許在未來會被人們所解決。

愛因斯坦與其他當代科學家也有一些互動關係。例如：

1. 數學家歌德爾，他研究廣義相對論，成功地建立了一個新的宇宙模型。通過構造理論的精確解——能夠計算重力場之力的場方程——歌德爾獲得了上述原創性和邏輯上首尾一致的結果。論證的出發點十分簡單但具有完全令人信服的權威。
2. 波耳與愛因斯坦的「測不準原理」之爭。最有名的一次公開辯論中，愛因斯坦設計了一個「想像實驗」：在一個盒子中，放進光子

(或粒子)。盒子上有一小孔，由一時鐘控制。若有光子自孔中逸出，逸出時間可以從時鐘得到，其精確度可以做到任意地小。在逸出前後可以仔細地測量盒子的重量，以精準決定逸出光子的能量（用質能互換）。這樣，時間與能量都可以測得很準，推翻了時間與能量的測不準原理。波耳一時不知如何反駁，當晚一夜苦思，想出了破解的方法：如果要測盒子重量，須要用秤。故光子逸出前後，盒子之高低位置便有一個不準度。再根據愛因斯坦的廣義相對論，這又就會造成時鐘讀數的不準確。計算結果正好可以滿足測不準原理的要求。愛因斯坦被他自己一手建造的廣義相對論打敗。

1922年11月，瑞典皇家科學院決定，諾貝爾物理獎必須頒給對人類有重大用途的新發現者。但是沒有人敢肯定他的相對論是否是個新發現，至於這個理論對人類是否有用，更是莫衷一是，甚至成為眾多攻擊的焦點。於是瑞典皇家學院想出一個變通的方法，頒獎給愛因斯坦。得獎理由十分簡單扼要：「此獎頒給愛因斯坦，因為他對光電理論及理論物理學上的重大貢獻。」1952年，以色列共和國請愛因斯坦去擔任總統，因為以色列都是猶太人，愛因斯坦是猶太人心目中的精神領袖。然而他沒有接受，他覺得自己的個性並不適合當總統。由於過度的運用腦力，使愛因斯坦體力衰退，看起來總是比實際年齡老。在1955年4月18日午夜，在普林斯頓醫院的愛因斯坦呼吸困難，主動脈瘤破裂導致大出血，享年七十六歲。

相對論是愛因斯坦對物理學所做的最大貢獻，相對論打開了人類的眼界，使人們獲得了去探究宇宙奧秘的方法，提升了人們認識宇宙的能力。愛因斯坦曾說道：「牛頓先生，很抱歉推翻了您的理論，不過您的成就是您那個時代一個人的智力和創造力所能達到的巔峰，您所創造的許多觀念直到今日都仍在引導我們的物理思維。雖然我們知道，當我們對宇宙萬物有了更深入的瞭解以後，這些觀念將會被一些更抽象的新觀念所取代。也許將來某一天，會有科學家說道：『愛因斯坦先生，很抱歉推翻了您的理論，不過您的成就是您那個時代一個人的智力和創造力所能達到的巔峰...』。」

窺見真理的偷窺狂：伽利略（S33）

*前言：

佛洛德說過：每個人潛意識中都有偷窺他人的欲望。而心理學家研究證明，窺性是人性與生俱來的弱點，人類對隱私和性的興趣一直存在且從未減弱過現在的針孔、偷拍、狗仔、部落格就是在這慾力支配下的社會現象。早在17世紀時，荷蘭人便無意間製造出望遠鏡，這東西在文藝復興時期的威尼斯蔚為風潮，大家無不是拿它偷看隔壁陽台洗澡的仕女，就是偷觀察隔壁鄰居在做什麼。可是，只有伽利略，他率先將望遠鏡的鏡筒，指向浩瀚的星空... 別人在鏡筒裡發現美女，而伽利略在鏡筒裡，發現真理。要說耶穌創世、盤古開天闢地以來最偉大的偷窺狂是誰？那一定只有他-- 伽利略·伽利雷（Galileo Galilei）

*故事 START：

伽利略於1564年2月15日出生，正值文藝復興後期。生於義大利西部海岸的比薩城的他，原籍佛羅倫斯，為出身沒落的名門貴族家庭。伽利略的父親是一位不得志的音樂家，精通希臘文和拉丁文，對數學也頗有造詣，但是這些才能都無法當飯吃... 無奈只好從商的父親決定，絕不讓伽利略步入他的後塵，便在他十七歲時，把他送進比薩大學學醫。伽利略只是興趣不在醫學，他孜孜不倦地學習數學、物理學等自然科學，並且以懷疑的眼光看待那些自古以來被人們奉為經典的學說。在艱苦的環境下，他仍堅持科學研究，攻讀了歐幾裏德和阿基米德的許多著作，做了許多實驗，並發表了許多有影響的論文，從而受到了當時學術界的高度重視，被譽為“當代的阿基米德”。在比薩大學裡，伽利略經常對教授們陳腐以及無實證基礎的理論加以質疑，教授們也對這位愛爭吵的學生貼上一個「怪物」、「壞學生」的標記，不過伽利略除了專業的科目之外，還是依照學校的規定，大量的研讀了亞里斯多德的著作，因為13世紀末，亞里斯多德的理論和教會的神學權威結合在一起，產生密不可分的關係，亞里斯多德被視為「聖人」、「眾人之師」，他的理論被視為「絕對真理」，不容否定和懷疑。但是，大家要知道，伽利略生活的時代，正是歐洲歷史上著名的文藝復興時代，而

義大利又是文藝復興的發源地。貿易往來的發達，使資本主義生產關係開始萌芽。加上，印刷術的發明，新思想的傳播比以往任何時候都更加迅速。於是，人們對千百年來束縛思想的宗教神學和傳統教條開始產生了動搖。這一次，伽利略的理念與支撐基督教世界觀的亞里斯多德理論正面交鋒。沒錯，這就是廣為人知的-(比薩斜塔?)自由落體實驗。1589年，那時伽利略研究的中心問題是在重力作用下落體的運動，於是對亞里士多德的落體定律和運動原因的理論提出質疑。亞里士多德的落體運動理論可以概括為兩點：一是落體的速度與其重量成正比；二是落體的速度與其所通過的介質的密度成反比。伽利略直言不諱地對此提出批評，認為是胡說八道。(哈哈)伽利略非常尊敬阿基米德，深受"浮力原理"的影響，企圖以阿基米德的理論來探討落體運動的規律，提出了物體下落的速度與它的密度成正比；在水中或空氣中下落時，則下落速度與物體和介質間的密度差成正比。

在我們有印象以來，就是伽利略第一個對亞里斯多德的落體定律提出質疑，但事實上，並非如此。早在他做實驗的3年前，也就是1586年，一位荷蘭力學家西蒙史蒂芬(Simon Stevin, 1548~1620)就做了落體實驗，並在其書"論力學"上寫下推論。至於伽利略本人到底有沒有在比薩斜塔做過鉛球實驗?那就不得而知了。(因為無目擊者或確切的記錄記載)其實，不論伽利略是否在比薩斜塔上做過這個實驗，在他所著的《二種新科學的對話》一書中，他用巧妙的推理，把亞里斯多德的學說駁得體無完膚。伽利略寫道：如果亞里斯多德的理論是正確的，即物體越重落下越快。那麼，若將一個重物 and 一個輕物綁在一起，讓它落下，會有二種結論出現：(1)重的想要快速落下，輕的卻又扯重的後腿，所以整個物體比單獨重物落下的時間還慢；(2)重的加輕的，比原來更重，因此落下的時間會比單獨重物來得短。我們可以用想像實驗來推理看看：有一個100公斤的大鐵球以及一個10公斤的小鐵球照亞里斯多德的理論來說，100公斤的鐵球的降落速度一定比10公斤來的快。那麼將大鐵球和小鐵球用線連結起來並丟下，小鐵球掉的慢，一定會拖慢大鐵球的降落速度，所以會比原來只有一顆100KG大鐵球時慢(?!)

2.不過，若將連接兩顆球間的線距離縮短，短到兩顆鐵球結合在一起，等同於一顆 110 公斤的鐵球時，降落速度會比原來只原來只有 100KG 時快(?!) (1)和(2)是相互矛盾的，怎麼可能質量同是 110 公斤卻有掉落速度快慢同是成立的狀況？所以物體越重落下越快的這個假設有問題，因此，重物和輕物落下的時間應該相等。

真的是這樣的『想像實驗』就推翻了 2000 年來的亞理斯多德學說嗎？問題好像也沒有這麼簡單，伽利略在 1638 年出版的《二種新科學的對話》書中，還討論到物體在水中落下的情況，也就是說，他對有阻力時的情形做了很多研究，他甚至做了很多實驗證明無阻力時落下的距離 S 和所需的時間平方 t^2 成正比。你一定會想到，就是 $S = (1/2) g t^2$ 也沒錯啦，不過他只說 S 和 t^2 成正比， g 的大小可不是他算出來的。（那麼是誰？就是以後會踩在他肩膀上，還被蘋果砸到的牛頓）而且，自由落體實在落得太快，很難測量（不只是難而已，伽利略當時沒有時鐘。那他怎麼計時？該不是用脈搏吧？）他為了『沖淡』重力的影響，設計了『斜面實驗』，用斜面實驗的結果來推論自由落體 S 和 t^2 成正比。我們來看一個簡單的實驗：硬幣和羽毛的實驗 Q：將一支羽毛和一個硬幣同時放手，哪一個會先 達地面？A：當然是硬幣。這和空氣阻力有關係。Q2：如果沒有空氣阻力呢？哪一個會先到達地面？伽利略認為會同時到達。（十七世紀，波以耳 (Robert Boyle, 1635~1703) 也是伽利略的崇拜者之一，他開始研究伽利略所做的實驗，並激起對科學的濃厚興趣他做了一個實驗，他把管子抽真空，去除了空氣阻力的影響，管子裡面放一支羽毛和一個硬幣，實驗結果是同時落下。）但，伽利略這個理論最完美的實驗要一直等到 20 世紀人類進太空上月球，才完美呈現！（阿波羅 15 號的宇航員大衛·斯科特在月球上使用一把錘子和一根羽毛重複了這個試驗。）

我們在前言曾說過，伽利略透過望遠鏡發現了真理。但，他到底是發現了什麼，竟然會動搖整個基督教世界？這就要從 1609 年 6 月說起。那時，伽利略聽到一個消息，說是荷蘭有個眼鏡商人利帕希在一偶爾的發現中，用一種鏡片看見了遠處肉眼看不見的東

西。在他好奇心驅使之下，他不斷的改良終於造出放大率達 20 至 30 倍以上的望遠鏡_改變世界的工具。這是天文學研究中具有劃時代意義的一次革命，幾千年來天文學家單靠肉眼觀察日月星辰的時代結束了，代之而起的是光學望遠鏡，有了這種有力的武器，近代天文學的大門被打開了。這項天文學的重大里程碑即將在今年-2009 年屆滿 400 週年，因此聯合國科教文組織定 2009 年為「全球天文年」。過去，人們一直以為月亮是個光滑的天體，像太陽一樣自身發光。但是伽利略透過望遠鏡發現，月亮和我們生存的地球一樣，有高峻的山脈，也有低凹的窪地（當時伽利略稱它是“海”）。他還從月亮上亮的和暗的部分的移動，發現了月亮自身並不能發光，月亮的光是透過太陽得來的。伽利略又把望遠鏡對準橫貫天穹的銀河，以前人們一直認為銀河是地球上的水蒸汽凝成的白霧，亞裏斯多德就是這樣認為的。伽利略決定用望遠鏡檢驗這一說法是否正確。他用望遠鏡對準夜空中霧濛濛的光帶，不禁大吃一驚，原來那根本不是雲霧，而是千千萬萬顆星星聚集一起。伽利略的望遠鏡揭開了一個又一個宇宙的秘密。最令人震撼的是，伽利略看見四個衛星繞著木星運轉。證明並非所有的天體都繞著地球轉，駁斥了教廷宣揚的「地心說」，進而支持了哥白尼的「日心說」。

簡單來說，伽利略他發現了這幾樣東西：月球表面凹凸不平，木星的四個衛星，太陽黑子，銀河由無數恆星組成及金星，水星的盈虧現象等。但是，他沒有想到，望遠鏡揭開的宇宙的秘密大大觸怒了很多人，一場可怕的厄運即將降臨在這位傑出的科學家的頭上。那時，15、16 世紀的歐洲，正是封建社會向資本主義社會轉變的關鍵時期。長期以來，為了鞏固封建統治的秩序，神權統治的歐洲，用神學代替了科學，用野蠻代替了自由。因為神在宇宙中心安置地球這個人類住的特別天體。地球是宇宙中心的同時，也是全部的天體的主人。全部的天體是地球的，以跟著主人的形式運動。在中世紀歐洲作為把當時亞里斯多德哲學作為那種體系的骨架，並汲取了的中世紀基督教神學上公認的東西。神學家們荒誕地宣稱，宇宙是一個充滿“各種等級的天使和一個套著一個的水晶球”，而靜止不動的地球就居於這些水晶球的中心。他們推崇古希臘天文學家

托勒密的“地球是宇宙中心”的學說。因為上帝創造太陽的目的，就是要照亮地球，施恩於人類，而宇宙的星體皆圓滿且光滑。因為神的存在，所以這是永恆不變、顛撲不破的真理。在教會的威脅下，伽利略被迫作了放棄哥白尼學說的聲明。他懷著極其痛苦的心情回到佛羅倫斯，在沉默中度過了好些年。但是伽利略的內心深處並沒有放棄哥白尼學說，相反，繼續不斷的觀測和深入研究，使他更加堅信哥白尼學說是完全正確的科學理論。經過長久的醞釀構思，用了差不多5年時間，一部偉大的著作《關於兩種世界體系的對話》終於誕生了。《關於兩種世界體系的對話》表面上是以三個人對話的形式，客觀地討論托勒玫的地心說與哥白尼的日心說，對誰是誰非進行沒有偏見的探討。但是當這本書好不容易在1632年2月出版時，細心的讀者不難看出，這本書以充分的論據和大量無可爭辯的事實，有力地批判了亞裏斯多德和托勒密的錯誤理論，科學地論證哥白尼的地動說，宣告了宗教神學的徹底破產。

但，很快的，嗅覺比獵狗還靈的教會嗅出了這本書包含的可怕思想，從字裏行間流露出來的大膽結論使神學家們感到極大恐慌。那些早就對伽利略心懷不滿的學術騙子立即和教會勾結，羅織罪名，陰謀策劃，為迫害伽利略大造輿論。科學和神學不可調和的鬥爭爆發了。1632年8月，羅馬宗教裁判所下令禁止這本書出售，並且由羅馬教皇指名組織一個專門委員會對這本書進行審查。伽利略預感到大禍臨頭，果然，到了10月，他接到了宗教裁判所要他去羅馬接受審訊的一紙公文。人類歷史上一次駭人聽聞的迫害就這樣開始了。在羅馬宗教裁判所充滿血腥和恐怖的法庭上，真理遭到謬誤的否決，科學受到神權的審判。那些滿臉殺機的教會法官們，用火刑威脅伽利略放棄自己的信仰，否則他們就要對他處以極刑。他被軟禁、被行刑、被迫懺悔，都六七十歲被病魔纏身了，還得被囚在教會的牢房裡...年邁多病的伽利略絕望了，他知道，真理是不可能用暴力撲滅的。儘管他可以聲明放棄哥白尼學說，但是宇宙天體之間的秩序是誰也無法更改的。這是一可怕的宗教迫害，但在伽利略看來，科學家的良心就是追隨真理。

時間會證實這一切，而數百年後的今天教會正為過去犯的錯而

道歉_1979年11月20日教皇約翰，保皇二世宣佈,三百多年前教會對伽利略的判罪是完全錯誤的,要重新審理,予以平反昭雪。1980年任命了一個由世界著名科學家組成的委員會(成員有楊振寧,丁肇中等六名諾貝爾獎金獲得者)重新審理“伽利略案件“,為這位蒙冤三百多年的科學巨人平反。其實,哪里還用得著審理什麼呢?進步的科技早已證實了一切。伽利略曾說過一段話:『如果亞裏斯多德能重返這世界,我確信他會因為我對他所做的中肯而確實的反駁,在他的信奉者中選擇我並接納我,而不是那些盲目崇信並將他奉為真理的人。那些人只知道剽竊他著作中表面意念,而根本不曾進入他的思想核心』是否我們所見堅信的事實就是正確的呢?重要的是如何用科學方法抽絲剝繭看到真理... 在信與不信中選擇平衡點並有所堅持,而科學正是這一連串認錯的過程中所產生的。伽利略讓我們看到一個科學家所擁有的信念以及態度不只如此,他在物理、天文等種種的重大發現使他成為成就後世偉大科學家的"巨人肩膀"!就讓我們在伽利略將望遠鏡指向星空滿四百年的2009年,向他至上最高的敬意吧!

敬, Galileo Galilei!

從上述兩位同學建構的故事,可以看到兩篇故事內文分別提及與愛因斯坦和伽利略相關的科學家或科學理論,圖 4-4 所示為二位學生(S20: 5個科學家與9個科學理論; S33: 7個科學家與3個科學理論)個別建構的科學故事關係圖。從這二位學生所張貼理論故事的微觀分析中亦可知,每則個別故事中亦包含許多理論與理論、科學家與科學家、或理論與科學家三者之間的關係。從這些關係圖可以看出科學家與科學理論之互動、關聯,並從學生的故事貼文看見科學理論是不斷演化、累進的過程。它是以先前的理論為基石,透過後來其他科學家進一步的推論或是修正,或是透過與其他科學家、科學理論的合作或辯證,互相激盪而演化。所以每一個現存的科學理論只能說是目前的最佳解釋而非永恆的真理。

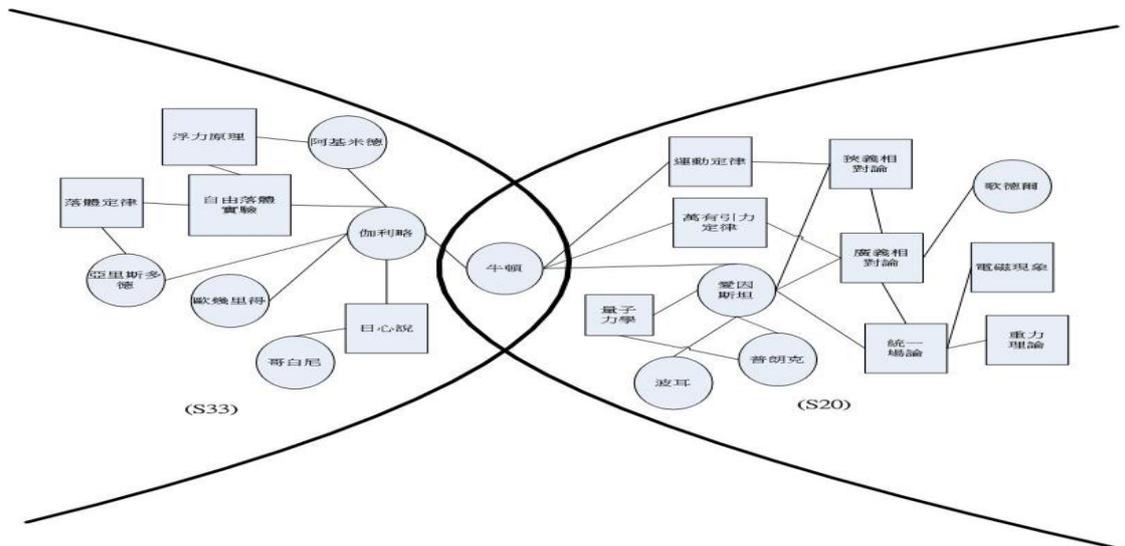


圖 4-4 兩位學生理論故事關係圖

參、學生集體建構科學史成果

一、就科學史網絡圖而言

學生在一整學期中的科學理論故事貼文裡探究的所有科學家與科學理論之間的關係圖十分龐雜，因此圖 4.5 所示為擷取以愛因斯坦為中心所發展出來的關係圖。此一圖形所代表的是社群對科學史的集體理解，同時也是同學間共同合作與知識共構的結果。圖中的圓圈表示科學家，方形表示科學理論，而其中的每一條連線則代表一個關係。例如：愛因斯坦自己認為相對論有三個發展階段：狹義相對論—牛頓運動定律的修正、廣義相對論—牛頓萬有引力定律的修正、統一場論—廣義相對論的推廣(S20)。從這段文字來看，首先，以愛因斯坦為基準，可以發展四個關係（與牛頓、狹義相對論、廣義相對論、統一場論）；而牛頓還可以發展另外兩個關係（與運動定律、萬有引力定律）；另外狹義相對論、廣義相對論與統一場論三者之間則兩兩互有關係。

由於同學們是用合作的方式建構這些篇科學理論故事，所以全班 42 位學生一共建構了 35 篇故事。由圖中所顯示科學家與科學理論的互動關係可以看出，學生的理論故事貼文能夠與其他同學所張貼的理論故事產生

連結。從故事內容中亦可可知，學生不僅止於得知理論的演化過程、理論與科學家的互動關係，更因為故事與故事的連結，學生們也因此進一步瞭解知識建構需要與他人的知識產生連結與合作。而在這一門課中，透過彼此互相建構屬於這個班級學生的集體知識，也促成了學生達到知識共構的目的。

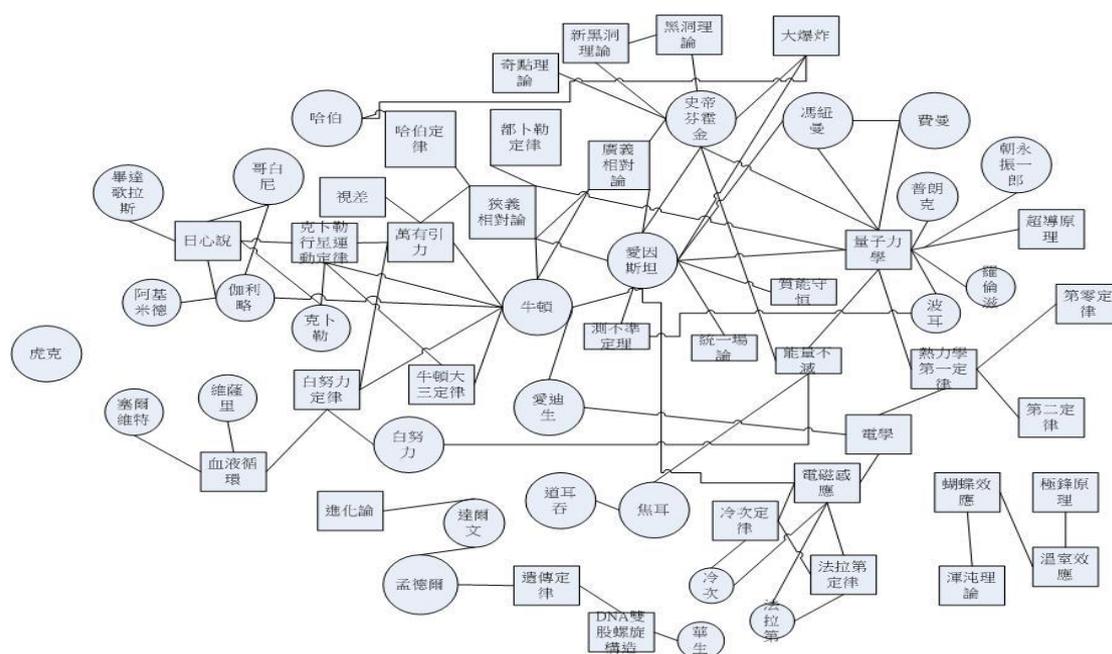


圖 4-5 學生共構科學史

二、就科學史演化圖而言

圖 4-6 所示學生在一整學期中所探究的所有科學家與科學理論演化圖。X 軸為科學家、Y 軸為科學理論，X、Y 軸皆依年代順序排列，越往右側、越往上方代表出現年代越晚。如 X 軸畢達哥拉斯約西元前 580 年出生、史蒂芬霍金 1942 年出生，則畢達哥拉斯位於 X 軸較靠近原點處、史蒂芬霍金位於 X 軸較偏向右側；Y 軸克卜勒定律於 1609 年被提出、蝴蝶效應 1979 年被提出，則克卜勒定律靠在 Y 軸上偏向原點、蝴蝶效应在 Y 軸上偏向上方。此外，圖中每一點表示科學家與科學理論之關連，如哥白尼與日心說之關聯產生一個點，而愛因斯坦與電磁感應、量子力學、狹義相對論、質能守恆、廣義相對論、統一場論、測不準原理、大爆炸學說之

關聯，使得 X 軸上的愛因斯坦與 Y 軸會產生八個點；反之，以 Y 軸來看，Y 軸上的量子力學與普朗克、愛因斯坦、波耳、馮紐曼、朝永振一郎、費曼、斯溫格、史蒂芬霍金有關連，所以量子理學與 X 軸有八個點。點與點大致上呈現出往右及往上的散佈樣式。無論 X 軸或 Y 軸，年代越晚近則點的總數量也越多。

從這張演化圖可以看出科學家與科學理論之互動、關聯，且年代越晚近則科學家及科學理論產生關聯的點數量隨著時間增多，這意味著科學理論是隨著時代不斷演化、累進而來的。科學理論除了是經過一系列實驗所得的結果之外，它也更是合作關係之下的產物，而並不是由一個科學家獨自所產出。它是以先前的理論為基石，透過後來其他科學家進一步的推論或是修正，或是透過與其他科學家、科學理論的合作或辯證，互相激盪而演化。每一個現存的科學理論只能說是目前的最佳解釋而非永恆的真理，科學史也隨著時代推進而繼續演化下去。

圖 4-6 可視為學習社群這學期的共構學習成果，研究者在做資料分析的歷程中，也針對此共構學習成果做出資料檢證的動作。學生的貼文裡所提到的科學家和科學理論互動產生的關係，研究者透過維基百科、科學家傳記等文獻資料與學生貼文內容展示的關係做對照，並無發現不正確的資訊。換言之，學生在知識論壇平台上的貼文，都是經過自行閱讀相關文獻、蒐集資訊、自行整理之後才張貼到平台，雖然因為學生只做自己有興趣的理論或科學家故事，所以共構出來的學習成果只能呈現科學史片面的成果，並不是完整的科學史，但是就目前所呈現的資訊與文獻記載並無衝突，學生共構出來的學習成果都是很經過很扎實的蒐集資料、整合資料的動作，而非隨意杜撰的科學故事，即使共構成果不能代表完整的科學史，但是透過這片面但是無誤的學習成果，學生在閱讀其他同學的文章之後更能以較原本更宏觀的視野來看待科學史。

肆、小結

本節分析學習社群知識共構歷程三個階段，從階段一分散的概念、分工的合作方式，到階段二學生可以漸漸看到理論概念跟概念之間的連結、逐漸聚集的小社群合作方式，最後到第三階段利用 rise-above 概念及整學習在課堂和在平台的互動讓同學集體共構屬於這個學期社群的科學史知識。在第二章文獻探討提及過去學生認為科學知識是固定事實、科學理論是永恆不變的真理，但從本節研究結果可知學生透過共構科學史的方式去實踐科學家的合作方式與體認科學理論的互動演化模式，以從中學習科學理論是如何的被改進或推翻，來瞭解這樣的學習方式可以用來翻新自己對科學史原有的理解。

第三節 學生期末反思情形及其與知識共構歷程間的相關性

壹、學生對於共構科學史成果的期末反思

如表 4-7 所示，研究者針對十一項開放編碼再歸納為三大類別的知識集體建構歷程：(1)個體建構知識，(2)集體分享知識，與(3)集體共構知識。再以描述統計分析各個編碼出現的總次數與人數，以及三類別的總人數。

首先，關於「個體建構知識」，總共有 18 人提到「獨立思考」的重要性，提及次數有 32 次。其次，關於「集體分享知識」，研究結果發現，大部分學生都能善用知識論壇平台，在平台上確實做到了合作學習，認為「集體分享知識」是重要的事情，總共有 20 位學生認為集體分享知識是重要的，例如有 13 位同學提出「意見分享交流」的重要性，其被提及總次數有 22 次。最後，關於「集體共構知識」，研究結果顯示大部分學生認為在知識論壇平台上知識共構有其重要性，總共有 26 位學生都認為集體共構知識是重要的，例如有 15 人認為「尋找關連」是重要的且總共被提及達 46 次。

這樣的結果顯示，學生在知識論壇進行建構科學史的歷程，透過閱讀、討論、回文等互動行為與合作學習，不再像傳統以往個人主義學習為主，只認為個體建構知識很重要，經過十八週的學習以後，學生也逐漸認為集體分享知識與集體共構知識很重要，除了與同儕集體分享知識達到團體學習目標，更同時與他人集體共構知識，讓彼此的知識緊密結合。

表 4-7 學生期末反思之人次表

類別	編碼	被提及總 人數		總人數
		次數	人數	
個體建構 知識	獨立思考	32	18	18
	集體分享 知識	25	11	20
	互動討論	52	15	
集體共構 知識	合作	9	5	26
	延伸思考	7	4	
	尋找關聯	46	15	
	質疑知識	28	13	
	整合知識	16	8	
	創新知識	7	2	
	修正知識	29	7	
	多元知識觀	15	9	

由於本研究主要以知識論壇的線上學習平台為基礎進行實驗，期望透過電腦支援合作學習的空間彈性優點，讓學生在平台上可以自由且自主的進行反思與交流知識，並藉此促進社群知識分享與共構，進一步改變學生原有的想法，使其了解知識翻新的可能性與重要性。學生在經過一學期的合作學習與共構知識後，由平台中的許多例子可以看出其對知識共構與知識翻新的認同。例如「集體分享知識」的概念中，「透過這堂課卻可以和

同學一同討論和分享，也勇敢發表自己的意見想法，同學間可以彼此交流，總之這堂課改變了我對自然科學的認識。」(S03)；「透過討論的相輔相成之下，每個人的知識都更加完善。但首先，每個人都要勇於的發表自己的想法。」(S13)這兩個例子顯示學生體認到在平台勇於表達自己的意見並且與他人互動、意見交流能夠邁向讓知識再次成長的開始。另外在「集體共構知識」的概念上，也有學生提到「科學家提的理論，都不是突然產生的。吸收別人的想法，加入新的資訊，與其他的理論結合，或許還會找到其他更適合的理論來解釋，經過這樣不斷的與別人互動，不斷的修改，更好的知識與理論就誕生了。這觀念，不只可以用在這領域，我們生活上任何事情都適用。透過論壇，讓我體會到「修」的重要，只有不斷的修正、修改，才會讓我們了解更多，變得更好。」(S39)；「科學家所提出的理論不一定就是絕對正確的...一直以為科學家所講的話就是權威，是經過他們一連串專業的証實而來，但在上完課後我發現其實不一定是這樣的，科學領域中充滿者一連串的未知數，如果有了新發現，原本的理論是可以被推翻的」(S23)；「平台提供了我們一個可以讓價值觀直接碰撞的空間，而這種機會是不可多得的，兩種互異的價值觀儘管只是擦身而過都會有變化。而我就在這個場地裡，藉由彼此相互碰撞來檢視自己的想法、比較他人的想法，最終再重新建立屬於自己的價值體系。」(S10)上述皆是擷取集體分享知識和集體共構知識概念的句子，為了更清楚呈現學生的期末反思的面貌，節選一位學習社群成員(S02)的期末反思的原文如下：

第一件事：主觀、客觀、直觀、推理

第二件事：開放、多元、包容、接納

第三件事：關係、互動、想像、修正

影響：

看了自己 po 的 note 很久，思索了很久，我竟然望著電腦不知從何開始，不是打不出來，而是心中的感慨萬千，雖然不想為賦新詞強說愁，但得成承認自己是真的在這短短的學期學到很多，而這次不再是從課本上記憶下來那些跟我一點也不相關的知識，而是真的能帶得走的生活常識。我學到的第一件事：主觀、客觀、直觀、

推理，這是從我身上自己看到的。我，雖然有時會有一些不同於常人的見解，但說穿了只不過是因為自己的主觀作祟，因為這世上很難說有所謂“真正客觀”的觀點，因為凡是觀點均是由人通過思想而提出。在課堂上，我們常常透過老師的問題在表達自己的見解，但我卻常常陷入自己主觀的思考，一味的相信這樣的答案就是真實。也因為過度的自我，而失去了直觀單純的剖析問題，有時候太多的意識、混雜的概念反而讓人做出錯誤的推論，而忘記直觀其實是人最原始發現問題解決問題的方法之一。回頭想想，正是因為自己的自我主見而失去了該有的清明視野。還記得老師上次給大家看二氧化碳的影片，雖然我對這方面涉獵不廣，但是打從心底就是有偏見，覺得人跟溫室效應沒太大關係，只是科學家的過度危言聳聽和政治利害所牽引。但連續看了3部影片，在老師的問題中我慢慢沉澱。“你覺得誰的說法對？”有對錯嗎？當時我雖然衝動的選了反對高爾派，但事實真的是如此嗎？那是真的有對或錯嗎？所謂的真相又是打哪來？我捫心自問了許久，頓時體會到，因為自己的主觀和執著，反而模糊了焦點，該問的不該是誰對誰錯，也不用追究究竟誰的資料正確或是真相如何，我們或許要問的是要如何解決，要如何向前，百家爭鳴的理論中，是否有天可以找出有實際效益拯救地球的方法？

第二件事：開放、多元、包容、接納，是我從老師身上學到的。老師的教學方式讓我覺得很輕鬆，而老師的觀點更啟發我不少……老師在課堂上(雖然發言機會有點少)常會提問題讓大家思考，動腦筋，但最重要的是老師並不會強加自己的答案在同學身上，他尊重也接納不一樣的想法和聲音。包容接納一直是我難以體會的事情，或許是天性也或許是家庭教養，我會期許自己做到最好，而同時的負面影響是唯我獨尊的心態，認為自己的都是最好，不懂得傾聽、參考、悅納別人的想法。但看看老師，一個在世界跑得不知道幾圈，喝的墨水都比我喝的珍奶多的老師，卻一點都感覺不到自傲，那我又憑甚麼不謙虛？學習開放自己的心胸，除了自己的想法多元外也要分享別人多元的意見，更要藉著彼此的意見交流，吸收別人的精華，接納別人的想像，再在大腦中迸撞出更燦爛

的火花。

最後一件事是從同學和平台互動學到：關係、互動、想像、修正。雖然這幾點，都是老師上課常提醒大家的，但百聞不如一見，讀萬卷書不如行萬里路，上平台和大家互動，引發關係，發揮想像和修正理論，這都是透過大家的學習和相處。關係就像幕後黑手，操控著所有人事和命運，無法逃脫，只能用力釐清，細細的牽絆就是關係的維妙，他將實際的理論一層一層的向上疊，也將人和人之間拉起了隱形的緣分。一開始，做愛因斯坦的理論，我可是朝思暮想的想和大家拉關係，雖然很遠，但又很近，畢竟狹義相對論統一了古典力學的基礎，但是小範圍來說跟他直接相關的似乎在平台上找不著。直到後來，就在我死心時，才有幾位同學(做廣義相對論和都普勒定律)找到我，這讓我感到興奮不已，這似乎冥冥中也註定著，要有永不放棄的毅力，或許關係就是這樣的撲朔迷離、讓人霧裡看花，才會讓人找得如此著迷。有了關係後的互動，除了建立在實際交談，其實在想像的世界中也可以進行溝通，也許換個角度看，想像聯立了關係，關係建立互動，而在有互動和刺激後，就會有往前的動力和改進的空間，也才有辦法不斷的修正，站在別人的至高點上繼續向上邁進。」

從這位學期社群成員的期末反思原文來看，他提到本學期他學到的最重要的第一件事情是主觀、客觀、直觀、推理等思考層面的概念，即個體建構知識概念；第二件事情開放、多元、包容、接納等與人互動層面的概念，即集體分享知識概念；最後一件事關係、互動、想像、修正，透過互動關係之後進而修正自己、翻新自己的概念，即是集體共構知識概念，這位同學的期末反思清楚呈現了三項建構知識觀，同時也表達了在知識論壇線上平台的知識共構歷程活動項目，不論是在課堂實質互動或是在平台上的互動，對學生而言都是最後學習社群集體共構知識和個人翻新自己知識的基礎，有了互動的基礎之後才有助於學習者更主動、更合作的建構知識方式。

過去的研究大多以個人的學習成就做為評量的標準，且台灣升學方面無論是高中的基本學力測驗或是大學的指定科目考試，也都是以個人的成

績做為學習評量的依據，顯示台灣的學生大多以個人學習為主，本研究的學生能在期末反思呈現認為擁有集體分享知識概念和集體共構知識概念的重要性，可以展現不同於過去強調以個人為主的學習方式。

貳、學習社群成員在知識論壇平台上活動情形與期末反思整體強度之關係

研究者將學生在知識論壇平台上的活動情形與期末反思強度進行 spearman 等級相關分析。研究結果顯示，學生期末反思的強度與知識論壇平台上的某些活動行為達顯著相關。如表 4-8 所示，就各項目活動而言，(1)學生期末反思的強度與貼文次數有顯著相關(.519)，(2)學生期末反思的強度與閱讀文章數有顯著相關(.500)。至於文章連結數(回文數+註解數+參考文章數)與期末反思強度則沒有達顯著相關。

表 4-8 學生在知識論壇平台上的活動情形與期末反思強度之關係

	貼文次數	閱讀文章數	文章連結數
期末反思強度	.519(**)	.500(**)	.151

** p<.01

參、學習社群成員在知識論壇平台上的活動情形與期末反思各類別強度之關係

接著，研究者將學生在知識論壇平台上的個別活動情形與期末反思各類別強度再次進行 spearman 等級相關分析。研究結果顯示，(1)個別建構知識與平台上活動項目皆無顯著相關；(2) 集體分享知識與閱讀文章數有顯著相關(.422)；(3) 集體共構知識與貼文次數(.501)、閱讀文章數(.347)、達顯著相關。詳細資料如下表 4-9 所示。

表 4-9 學生在知識論壇平台上的活動情形與期末反思各類別強度

	貼文次數	閱讀文章數	文章連結數
個別建構知識	.250	.192	.121
集體分享知識	.229	.422(**)	.129
集體共構知識	.501(**)	.347(*)	.093

*p<.05 ** p<.01

綜觀而言，學習社群在知識論壇平台上的貼文行為與閱讀行為與期末反思整體強度皆達顯著正相關，顯示出學生在知識論壇平台上的兩大活動情形越活躍則學生的期末反思整體強度也會隨之增強。也就是說貼文次數、閱讀文章數越多的學生在期末反思會產生正相關影響。再從微觀角度分析，則可以看出學生在平台上閱讀文章次數越多時，對學生個人的集體分享知識概念強度越強，當學生貼文次數越多或閱讀文章次數越多時，也能使學生增強集體共構知識概念的強度。研究者推測，在知識論壇平台的設計裡，除了以知識翻新理論為植基之外，有許多機制讓學生反思自己的學習，同時也讓他們有統整並提昇自身與別人想法的設計，這幫助了學習社群的學生的翻新自己的學習並與同儕共構知識，朝向一個較成熟的知識建構層次。

學生在知識論壇平台的三大活動為發表文章、閱讀文章、與他人文章做連結，因此研究者選取貼文次數、閱讀文章數與文章連結數來與學生的期末反思強度進行相關考驗，研究結果顯示貼文次數與閱讀文章數能與期末反思達顯著相關，文章連結數則不然。研究者推測原因有二，其一，文章連結數皆是與他人文章做連結的一部分，還有許多其他活動也與他人文章連結有關聯，因此文章連結數無法推論至「與他人文章做連結」活動項目。其二，學生貼文數和閱讀數都很多，但連結數卻相異不大，因此就會看不到其相關性。不過，可以肯定的是發表文章與閱讀文章這兩大項基本活動項目，對於學生的期末反思有相關作用，若學生在知識論壇平台能夠保持一定的發表文章數與閱讀文章數水準，則學生在期末反思之概念強度也會優於在知識論壇平台較不活躍的學生。

肆、小結

學生歷時一學期的共構科學史歷程，呈現出屬於此學習社群的共構成果，這一學期除了在課堂上所學，在平台上的活動也扮演不可或缺的助力。學生在平台上的貼文、閱讀貼文、回文、rise-above 等與人互動的活動方式，皆有助於同學共構知識，且在期末反思上也呈現出不若以往以個人學習為主的學習方式，而是注重集體分享知識和集體共構知識的重要性，透過平台的活動、互動，以建構科學故事的方式讓學習社群共構科學史，學習者已經能以更主動、更合作的方式來建構知識、進而翻新自己的知識。



第五章 結論與建議

第一節 結論

壹、以知識翻新原則為取向的課程設計有助於促進學生主動學習

研究結果顯示，該名授課教師無論是在課堂間或是在知識論壇平台上，都努力在營造出知識翻新的學習環境，提供學習社群知識共構的良好根基。Scardamalia (2002) 提出知識翻新理論之 12 項原則概念，影響了後來對於知識建構典範的研究，而教師以原則概念為導向的課程設計則影響了學生的學習典範。原則導向的設計使運用知識翻新的工具設計框架上更具有彈性 (Hong, Scardamalia, Messina & Teo, 2008)，縱使原則性的課程設計沒有固定活動，以原則概念取代標準程序，教師角色也從傳統的知識權威轉變成為協助者，教師因而營造出更多元、更有彈性的教學與學習環境，學生能夠更主動的提出自己的意見與想法，如同 Scardamalia (2002) 提出知識翻新理論之 12 項原則概念中的第四條原則「Epistemic Agency」，學生不是單靠著老師或是其他權威者的計畫來進行學習，對於知識能夠做一個相對於傳統學生更自主的追求者。除此之外，透過原則性的課程設計，學生在主動追求知識的同時，得以了解知識為社群共創、成員肩負共同責任，原則導向設計是有效創建集體知識的途徑 (Hong, et al., 2008)。

貳、學習社群集體共構科學史可以促進學習者以較宏觀的視野看待科學史

授課教師在整學期課程授予學習社群的作業為自己或與他人建構「一則」科學理論故事，而透過閱讀他人文章與資料，找到關係的存在之後，可以再次修改自己的故事，讓自己的理論故事更加完整。全班 45 位同學共構出 35 篇故事，這 35 篇故事雖然是由同學獨立建構，但是從研究結果

可以看出每篇故事並非單獨存在，故事與故事之間有連結，而學生也因為彼此理論故事之間的連結與他人知識產生合作互動，進而達到知識共構的目的。整個科學史是一個大故事，而大故事是由許許多多的科學理論小故事所構成，學生建構的每一則科學理論小故事成就屬於這個學習社群的科學史大故事，也完成了歸屬於這學習社群的知識共構結果。

從研究結果可知科學理論是以先前的理論為基石，透過後來其他科學家進一步的推論或是修正，或是透過與其他科學家、科學理論的合作或辯證，互相激盪而演化，科學理論可以不斷的被翻新再被翻新，學習社群集體共構科學史的過程，就如同在走科學家曾經走過的路。透過閱讀他人理論故事，發現自己一個人第一次在建構故事的同時也與他人的故事產生連結，即使不是共同合作建構故事，但是知識上已經與他人有連結，經過不斷的翻修原有的知識且整合，再整理出完成度更高的理論故事。每個人透過共構科學史的知識合作，促進學習者對科學史達到更深層的理解，也就是逐漸體認到每一個現存的科學理論只能說是目前的最佳解釋而非永恆的真理，科學史也隨著時代推進而繼續演化下去、並不斷被翻新，因此能更進一步瞭解科學理論是如何被集體建構的過程。

參、提供合作學習與知識翻新環境（即知識論壇平台）能有效幫助學習者共負集體合作的責任

眾多學者認為，結合科技與教育使得原有教育與學習的典範產生許多的轉變（Bransford, Brown, & Cocking, 1999；Paavola, Lipponen, & Hakkarainen, 2002），學習不再是單槍匹馬的個人活動，而是朝向合作式的知識共構、知識創造與知識翻新典範邁進（Hong & Sullivan, 2009; Paavola, Lipponen, & Hakkarainen, 2002; Scardamalia, 2002）。知識論壇數位學習平台設計基礎係植基於知識翻新（Knowledge-building）理論並兼具合作學習，希望使用者藉由對知識訊息的建構，以促成社群成員集體共構知識與合作（Scardamalia, 2004）。

從研究結果可以看出學生在知識論壇線上平台活動之際，即便是單獨地閱讀文章、單獨地發表文章，單獨地修改文章，但是這些獨自的建構行

為卻引領他們往知識共創方向前進。在教學設計章節曾提到授課教師鼓勵學生建構科學理論故事時要尋找與他人的關連，因此學生在閱讀文章的同時也不斷地在尋找關連性，進而對他人文章做出回文，並且在閱讀與回文之後翻修原先的想法，進一步發表更深層、更成熟的看法，當另一個人閱讀之後，能繼續產生不斷進步的知識翻新迴圈。這正好符應 Scardamalia (2002) 知識翻新理論之 12 項原則概念中的第五條原則「Community Knowledge, Collective Responsibility」，因此所有學生在知識論壇線上平台的活動，看似獨立，卻是與他人知識產生連結與合作的學習行為。其不但讓學生知曉知識是社群所共同創造，且每個人都擔負創造集體知識的共同責任，互享知識共構過程，共榮知識共構結果。根據研究結果，學生在期末反思不斷強調分享、討論、尋找關連、修正知識於共構科學史過程中的重要性，可知兼具合作學習與知識翻新環境的知識論壇線上平台能有效幫助學習者創建集體知識並共負集體責任，其與第二章文獻探討的結果相雷同，換言之，結合運用知識翻新理論與科技可以幫助共構學生集體知識。

肆、使用知識論壇平台有助於學習者進行更有效益的集體知識建構活動

傳統的學習都是以個人為中心，學習典範正朝向合作與知識共構的方向在前進，在未來的知識社會中，相互批判、共創、與合作的能力將變得更加重要(Trilling & Hood, 1999)。在以往，學生認為知識是專屬於自己的，只有自己擁有強大的知識才能強化自己的能力。根據本研究結果，學生雖然依然認為個體建構知識非常重要，但是不少學生也提到集體分享知識與集體建構知識的重要性，研究者推論，這是因為知識論壇線上平台結合合作學習與知識翻新理論，而此平台除了擁有較多元的互動機制，還有修正、翻新的機制。學生透過閱讀文章、回文的動作與他人互動，進一步使用編輯文章、使用鷹架的動作來不斷修正自己的文章、翻新自己的知識，而下一位同學閱讀文章之後，還能夠繼續提出更多元的看法，再不斷翻新知識，整個學習社群知識因此可以不斷改進、持續翻新，所以學習者才能從只有「個體建構知識」逐漸走向更成熟的「集體分享知識」與「集體建構知識」。

第二節 建議

本研究根據研究結果提出以下幾點建議以供未來有興趣進行知識創新教學的教師在教學現場之參考。

壹、教師應適當採用彈性的課程設計（取代傳統劇本式教學）以培養學生主動學習的習慣

傳統教師角色多屬於掌握知識的權威，老師除了授予學生知識也全權主導傳授什麼知識以及掌握教導多少知識的權利，傳統學生則處於被動接受知識的角色，學生大腦就像是一塊海綿，不管老師教什麼知識、教多少知識，通通認為是有用的知識、是有價值的資訊，全然吸收，沒經過質疑、也沒經過過濾。從本研究的結果可知教師若能營造一個較開放較多元的教學與學習的環境，學生能夠更主動的提出自己的意見與想法，成為一個主動追求知識的學習者。原則性的課程設計與傳統的課程設計截然不同，是一種更多元、更彈性的課程設計，教師總是鼓勵學生更進一步的想法或動作，學生可以質疑老師的做法或想法，但教師不會告訴學生標準答案只有提供不同面向的思考角度，藉此讓學生的想法能夠不斷的激盪與翻新。相異於傳統劇本式教學在於原則性的課程設計是以原則取代標準程序、以原則取代照本宣科、以原則換取更彈性的學習發展空間。教師從權威者角色轉變為協助者的地位，學生能夠更不受限制地展開自主學習。因此，未來教學現場的教師應多採用彈性的課程設計取代傳統的劇本式教學。

貳、教師應讓學生學習如何面對較彈性、多元的學習內容，使其對某一學習主題可以有機會做更深層的理解

過去學生學習自然科學的方式與大部分學科雷同，老師在台上傳授自

然科學知識，學生在台下進行聽講、抄筆記、背誦等動作，把科學知識、科學理論與「不變的真理」畫上等號，視提出理論的科學家為「發明家」，從來不曾質疑老師傳誦的知識、沒有經過思考就努力的全盤接受，學習內容變得十分狹隘，逐漸統一化。研究結果顯示，學生在課程結束之後對自然科學史能夠翻新自己原有的理解，也就是覺知到科學理論並非一位科學家單獨的產物，它是以先前的理論為墊腳石，透過後來其他科學家進一步的推論或假設，或是透過與其他科學家、科學理論的合作與激盪，會隨著時代推進而演化，並非永恆不變的真理。

學生在這堂課所進行的動作不再只是聽講老師授課，也絕非背誦教科書，取而代之的是較彈性、較多元的學習內容--以集體建構科學理論故事，一起共構科學史這塊大拼圖。在建構理論故事之前，學生要努力收集資訊、閱讀別人的文章，找到與其他人的關連性，最後再與自己已有的資訊做整合。學生不能再被動地等待老師傳授知識，必須主動學習，因為每個人對共構科學史都要共負責任。這樣的學習內容脫離統一化，學生不再受限於再製性高的學習內容，反而透過更具開展性與衍生性的學習內容翻新對自然科學史的理解，學生在共構科學史的進程中，透過與科學家科學合作相似的歷程，逐漸體悟科學理論是如何被集體建構的歷程，而他們集體建構科學史的學習方式也讓對自然科學史達到更深層的理解。

參、教師應為學生營造知識共構的學習環境，協助學習者

創建集體知識

未來知識社會的人才需要具備的特質是合作的能力，傳統的個人主義學習方式該是被摒棄的時候，當學生的學習環境只充滿競爭，不知道合作的重要性，又如何培養合作的能力適應未來社會的發展變化呢？「團結力量大」、「人心齊、泰山移」都是耳熟能詳的語句，但是在學習的過程若只有體驗競爭過後的勝利感，又豈能享受合作過後的滿足感？更遑論去創造合作共構的能力與氛圍。因此，教師能多替學生創造互動式、合作共構的學習環境，無論是師生互動或是同儕合作，都能讓想法在這共構的環境裡面互相碰撞，激盪出更成熟的想法，社群裡的知識能夠緊密結合，每個學

習者對合作建構都要負集體責任、共享互榮共構成果，不再視個人建構知識為唯一方式，而能夠創造集體知識、運用集體智慧，並將此擴展到未來的學習。研究者認為教師應多為學生營造知識共構的學習環境，協助學習者創建集體知識是未來教育尚待努力耕耘的園地。

肆、教師應善用電腦支援合作學習環境的相關工具以幫助學習者進行知識共構與知識翻新

電腦支援合作學習延伸傳統教室的合作學習，不受時空限制，提供學習者跨領域、跨學科的學習環境，讓學生透過電腦網路環境建構知識、整合想法，在與同儕的互動中使彼此的知識緊密結合，促進學習社群對於意義與知識產生更深層的理解。目前電腦支援合作學習這個新興領域的學術社群已經具有全球性，台灣也曾在 2005 舉辦電腦支援合作學習會議，電腦支援合作學習逐漸在台灣的教學現場受到注目，未來將不斷會有教師選擇電腦支援合作學習環境做為教學工具與學習環境。

根據本研究結果，學習者透過以合作學習和知識翻新為基礎的線上教學平台—知識論壇，能夠在平台分享想法、透過互動討論不斷翻新自己的想法，並且達到知識共構，這不是任一線上教學平台可達到的效果。教師在選擇電腦支援合作學習環境工具做為教學平台時，應從學生角度做考量，而不是以教師本身的便利性為首要選擇，知識論壇學習平台背後設計理念以合作學習與知識翻新理論為基礎，並不是只有張貼訊息、囤積資訊的功能，反而具有幫助學生主動學習、多元的互動模式、促進更深層的理解的優勢，是學生在知識翻新的路上能夠化絆腳石為墊腳石的有利學習平台。因此，教師使用電腦支援合作學習環境工具應以可幫助學習者知識共構與知識翻新為優先選擇。

伍、未來研究建議

一、教師角色經營可做更深入的探究

本研究對於教師角色經營以「註解」活動行為做分析探究，對於教師其他在課堂上與知識論壇平台上的活動或是教師角色與學習社群發展歷程有何影響皆可進行更深入的探究。

二、不同變項對知識共構之影響

本研究教師採用原則性的教學設計以及知識翻新的學習環境，並自然科學史為例探究學習社群的知識共構成果，是否只有原則性的教學設計及知識翻新學習環境可以促進學習社群達到知識共構？其他的教學平台是否也可以達到知識共構？以及其他領域知識共構發展過程是否能夠以此推論？還需在現有研究上以不同的變項或教學平台做進一步驗證與完善。

三、分析方法有待擴展和深入

本研究僅針對資料中的一部分進行分析，且尚有干擾變項(如學期中有參與其他課程)未排除之研究限制，後續的研究將可設立對照組作更進一步分析研究。

參考文獻

- 丁信中、洪振芳、楊芳瑩 (2001)。科學理論形成與精煉過程對科學學習的意涵。科學教育月刊，240，2-13。
- 于富雲 (2001)。從理論基礎探究合作學習的教學效益。教育資料與研究，38，22-28。
- 王千倬 (2001)。Web 科技應用之教學行動研究。「廿一世紀教育改革與教育發展」國際學術論文研討會，215-236。
- 台灣 1000 大企業人才策略與最愛大學生調查 (無日期)。Cheers 快樂工作人雜誌新鮮人專刊。2009 年 12 月 4 日，取自 <http://www.businessweekly.com.tw/webarticle.php?id=36096&p=1>
- 甘永成 (2005)。虛擬學習社區中的知識建構和集體智慧發展--知識管理與 e-Learning 結合的視角。北京市：教育科學出版社。
- 多元智慧的教與學 (遠流出版社譯) (2001)。台北市：遠流出版社。(原著出版年：1996 年)
- 吳莉欽 (2002)。電腦網路學習環境的理念與問題。教育資料與圖書館學，39(4)，441-455。
- 吳濤、顧月琴 (2009)。試析 CSCL 的理論基礎及協作原則。教學研究，2，9-12。
- 巫俊明 (1997)。歷史導向物理課程對科學本質的了解、科學態度、及物理學科成績之影響。物理教育，1(2)，64-84。
- 李明芬、林金根 (2008)。世界咖啡館的社會創新力：華人智慧與西方知識的整合實踐。人事月刊，47(4)，19-31。
- 彼得聖吉 ((2002))。學習型學校(上)(下)。(天下文化譯)。台北：天下文化。(原著出版年：1990 年)
- 林秀玉 (2006)。小組合作學習達到真正成功必備的要點。科學教育，295，23-32。
- 邱貴發 (1996)。情境學習理念與電腦輔助學習-學習社群探討。台北市：師大書苑。
- 邱貴發 (1998)。網路世界中的學習：理念與發展。教育研究資訊，6(1)，20-27。
- 洪振方 (1997)。科學史融入科學教學之探討。高雄師大學報，8，233-246。

- 唐·泰普史考特、安東尼·威廉斯(2007)。維基經濟學。(商智文化譯)。
台北市：商智文化。(原著出版年：2007年)
- 容淑華(2004)。教育劇場是學習社群的典範?。美育雙月刊，142，70-77。
- 索羅維基(2005)。群眾的智慧：如何讓個人、團隊、企業與社會變得更聰明。(遠流出版社譯)。台北：遠流。(原著出版年：2004年)
- 翁秀玉、段曉林(1997)。科學本質在科學教育上的啟示與作法。科學教育月刊，201，2-15。
- 張秀雄、吳美嬌、劉秀嫻(1999)。合作學習在公民養成教育上的意義。
公民訓育學報，8，123-152。
- 張春興(1993a)。現代心理學。台北市：東華。
- 張春興(1993b)。教育心理學：三化取向的理論與實踐。台北市：東華。
- 張基成(1998)。教師專業成長網路學習社群之規劃及其預期效益與挑戰。
教學科技與媒體，40，31-42。
- 張基成、唐宣蔚(2000)。一個架構於全球資訊網上的知識分散式網路學習社群。遠距教育，13/14，18-37。
- 莊慧娟、柳嬋娟(2008)。基於解釋的協作知識建構過程模型。現代教育技術，18(9)，19-22。
- 許良榮(2000)：國小自然科「科學史輔助教材---地球」之發展研究。八十八學年度師範學院教育學術論文發表會論文集。
- 許良榮(2001)：科學史導向教材—「地球的形狀與運動」之改進研究。九十學年度師範學院教育學術論文發表會論文集。
- 許良榮、李田英(1995)。科學史在科學教學的角色與功能。科學教育，179，15-27。
- 郭鴻銘、沈青嵩(1976)。科學素養之涵義。科學教育，1，9-16。
- 陳曉慧、阿不都卡德爾·艾買爾(2009)。CSCL定義的演變和國際CSCL會議的主題變革。中國電化教育，5，21-24。
- 斯琴圖亞、魏志慧(2009)。如何使學習者為知識社會做好準備--訪國際知名教育心理學家瑪琳·斯卡德瑪麗亞教授。開放教育研究，2，4-10。
- 黃政傑、林佩璇((1996))。合作學習。台北市：五南圖書出版公司。
- 黃寶蓉(2000)。科學本質在教與學的意涵之研究。國立高雄師範大學科學教育研究所碩士論文，未出版，高雄市。

- 楊昭儀、徐新逸 (1997)。建構網路學習社群的教學設計模式。《視聽教育雙月刊》，39(13)，15-27。
- 董庭豪 (2008)。透過電腦輔助合作學習活動增進國小學童數學估算表現之研究。國立新竹教育大學數位學習科技研究所碩士論文，未出版，新竹市。
- 詹雯靜 (2009)。不同電腦支援合作學習環境對師培生在教育理論、教師專業與教學實務等概念學習上之影響。國立政治大學教育學系碩士論文，未出版，台北市。
- 鄧文新、陸芳 (2007)。CSCL 的研究範疇與發展趨勢研究。《現代教育技術》，1(17)，58-61。
- 鄭子善 (2000)。科學故事課程設計之行動研究-以燃燒現象發展史為例。國立花蓮師範學院國小科學教育研究所碩士論文，未出版，花蓮市。
- 鄭秀如、林煥祥 (1998)。科學史對高中學生學習成就之影響。《科學教育學報》，2，205-222。
- 蕭碧茹、洪振方 (2000)。以認知歷史分析法探究科學史及其在科學教育的意涵。《科學教育月刊》，235，2-113。
- 謝幼如 (2007)。網路環境下基於問題的協作知識建構活動。2009年12月16日，取自：
http://202.116.45.198:8080/0518/web_ckb/llyj/CKBactivity.doc
- Alters, B. J. (1997). Whose nature of science? *Journal of Research in Science Teaching*, 34(1), 39-55.
- Aikenhead, G. S., Fleming, R. W., & Ryan, A. G. (1987). High school graduates' beliefs about science-technology-society(I): Methods and issues in monitoring student views. *Science Education*, 71(2), 145-161.
- Adams, D. & Hamm, M. (1996). *Cooperative learning: critical thinking and collaboration across the curriculum* (2nd edition). Springfield, IL: Charles Thomas Publishers.
- American Association for the Advancement of Science, [AAAS] (1989). *Project 2061: Science for all Americans*. Washington, D. C.: Author.
- Brown, A. L. (1997). Transforming schools into communities of thinking and learning about serious matters. *American Psychologist*, 52(4), 399-413.

- Bruffee, K.A. (1999). *Collaborative Learning: Higher education, interdependence, and the authority of knowledge*. Baltimore: Johns Hopkins University Press.
- Brief, A. P. & Aldag, R. J. (1977). The intrinsic extrinsic dichotomy toward conceptual clarity. *Academy of Management Review*, 2(3), 496-500.
- Beers, P. J., Boshuizen, H. P. A., Kirschner, P. A., & Gijssels, W. H. (2006). Common ground, complex problems and decision making. *Group Decision and Negotiation*, 15, 529–556.
- Barab, S. A., & Duffy, T. (2000). From practice fields to communities of practice. In D. Jonassen, & S. M. Land. (Eds.), *Theoretical foundations of learning environments* (pp. 25-56). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Bannon, L.J. & Schmidt, K. (1991). CSCW, four characters in search of a context. In J.M. Bowers & S.D. Benford (Eds.), *Studies in computer supported cooperative work* (pp. 3-16). Amsterdam: North-Holland.
- Crook, C. (1996). *Computers and the Collaborative Experience of Learning*. London: Routledge.
- Chen, T. (2003). Recommendations for creating and maintaining effective networked learning communities: A review of the literature. *International Journal of Instructional Media*, 30(1):34-44.
- Collins, a. & Bielaczyc, K. (1997). Dreams of Technology-Supported Learning Communities. *Proceedings of The 6th International Conference on Computer-Assisted Instruction* (PP 1-8). Taiwan.
- Collette, A. T., & Chiappeta, E. L. (1994). *Science instruction in the middle and secondary school* (3rd). Columbus, Ohio: Merrill.
- Chan, W.J., Hong, H.Y., Chen, F.C., Lin, S.P. (2009). *Effects of Knowledge-Building Environment on Teacher-Education Students' Conceptions about Theories and Practices in Teaching*. International Conference on Computers in Education (ICCE).
- Clark, D., & Linn, M. C. (2003). Designing for Knowledge Integration: The Impact of Instructional Time. *The Journal of the Learning Sciences*, 12(4),

- 451-494.
- DeLap, D. (1999). *Cooperative learning: a delphi study*. Ann Arbor, Mich: UMI.
- Dolphin, G. (2000). Evolution of the Theory of the Earth: A Contextualized Approach for Teaching the History of the Theory of Plate Tectonics to Ninth Grade Students. *Science & Education*, 18(3-4), 425-441.
- Dedes, C. & Ravanis, K. (2000). History of Science and Conceptual Change: The Formation of Shadows by Extended Light Sources. *Science & Education*, 18(9), 1135-1151.
- Driver, R., Leach, J., Millar, R., & Scott, P. (1996). *Young people's images of science*. Philadelphia: Open University Press.
- Giselle, O. (2004). *Developing learning communities through teacher expertise*. CA: Corwin press.
- Garrison, J. W., & Lawwill, R. S. (1993). Democratic science teaching: A role for the history of science. *Interchange*, 24(1 & 2), 29-39.
- Gay, G., Stefanone, M., Grace-Martin, M., Hembrooke, H. (2001). The effects of wireless computing in collaborative learning environments. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 13(2), 257-276.
- Grossman, P., Wineburg, S., & Woolworth, S. (2000, April, 2000). *In Pursuit of Teacher Community*. Paper presented at the Annual Meeting of the American Educational Research Association, New Orleans: LA.
- Hillery, G. A. (1955). Definitions of community: Areas of agreement. *Rural Sociology*, 20, 111-123.
- Horrigan, J. B. (2001). Online communities: Networks that nurture long-distance relationships and local ties. *Pew Internet and American Life Project*. Retrieved December 01, 2009, from the World Wide Web: <http://www.pewinternet.org/reports/toc.asp?Report=47>.
- Hagel, J., & Armstrong, A. (1997). *Net gain: Expanding markets through virtual communities*. Boston, MA: Harvard Business School Press.
- Hong, H.Y., Chen, F.C., Chang, H.M., Liao, C.Y., & Chan, W.C. (2009). *Exploring the effectiveness of an idea-centered design to foster a*

- computer-supported knowledge building environment*. CSCL (Computer Supported Collaborative Learning) Conference, Athens, Greece.
- Hong, H.Y. & Sullivan, F. R. (2009). Towards an idea-centered, principle-based design approach to support learning as knowledge creation. *Educational Technology Research and Development*, 57(5), 613-627.
- Hong, H. Y., Scardamalia, M., Messina, R., & Teo, C. L. (2008). Principle-based design to foster adaptive use of technology for building community knowledge. In G. Kanselaar, V. Jonker, P.A. Kirschner, & F.J. Prins (Eds.), *International. Perspectives in the Learning Sciences: Creating a learning world*. Proceedings of the Eighth International Conference for the Learning Sciences – ICLS 2008, Vol. 1 (pp. 374-381). Utrecht, the Netherlands: International Society of the Learning Sciences, Inc.
- Johnson, C. (2002) The writing's on the board, *Educational Computing & Technology*, September, 58–59.
- Johnson, D. (2002). Everyday practice in problem-solving. *Library Talk*, 15(1),64.
- Jenkins, E. (1989). Why the history of science? In M. Shortland & A. Warwick(Eds.), *Teaching the history of science* (p.19-29). Basil Blackwell: The British Society for the History of Science.
- Johnson, D. W., & Johnson, R. T. (1994). *Learning Together and Alone. cooperative, competitive, and individualistic learning*. (4th ed.). Boston: Allyn & Bacon.
- Johnson, D. W., Johnson, R.T., & Stanne, M. B. (2000). *Cooperative learning methods: A meta-analysis*. Retrieved October 01, 2009, from the World Wide Web: <http://www.clcrc.com/pages/cl-methods.html>.
- Kaye, A. (1995). Computer-supported collaborative learning in a multi-media distance education environment. In C. O'Malley (Ed.), *Computer supported collaborative learning* (pp. 125–144). Berlin: Springer-Verlag.
- Kauffman, G. B. (1991). History in the chemistry curriculum. In M. R. Matthews (Ed.). *History, Philosophy, and Science teaching: Selected*

- Readings* (p.185-200). Toronto & New York: OISE Press, Teachers College Press.
- Kipnis, N. (1996). The Historical-Investigative: Approach to teaching science. *Science & Education*, 5, 277-292.
- Kirschner, P.A. (2002). Can we support CSCL? Educational, social and technological affordances for learning. In P. A. Kirschner (Ed). *Three worlds of CSCL. Can we support CSCL* (pp. 61-91). Heerlen, Open Universiteit Nederland.
- Klopfer, L. E., & Watson, F. G. (1957). Historical materials and high school science teaching. *The Science Teacher*, October, 264-265; 292-293.
- Lewin, K.(1951). *Field theory in social science : selected theoretical papers*. In D. Cartwright. NY: Harper & Brothers Publishers.
- Lakkala, M., Lallimo, J., & Hakkarainen, K. (2005). Teachers' pedagogical designs for technology-supported collective inquiry: A national case study. *Computer & Education*, 45(3), 377-356.
- Levin, J.A., & Thurston, C. (1996). Educational electronic network: A review of research and development. *Educational Leadership*, 54(3), 46-50.
- Lave, J., & Wenger, E. (1991). *Situated learning: Legitimate peripheral participation*. Cambridge University Press.
- Lederman, N. G, Wade, P., & Bell, R. L. (2000). Assessing understanding of nature of science: A historical perspective. In W. F. Mc-Comas (Ed.), *The nature of science in science education: Rationales and strategies* (pp. 331-350). Boston: Kluwer.
- Meichtry, Y. J. (1999). The nature of science and scientific knowledge: Implications for a preservice elementary methods course. *Science & Education*, 8, 273– 286.
- McComas, W. F., Clough, M. P., & Almazroa, H. (2000). The role and character of the nature of science in science education. In W. F. Mc-Comas (Ed.), *The nature of science in science education: Rationales and strategies* (pp. 3-40). Boston: Kluwer.
- Malone, T. W., & Lepper, M. R. (1987). Making learning fun: A taxonomy of

- intrinsic motivations for learning. In R. E. Snow & M. J. Farr (Eds.), *Aptitude, Learning and instruction*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Myers, C. B., & Simpson, D. J. (1998). *Re-creating schools: Places where everyone learns and likes it*. Thousand Oaks, CA: Corwin.
- National Assessment of Educational Progress [NAEP]. (1989). *National Assessment Science Objectives-1990 assessment*.
- National Research Council [NRC]. (1996). *National Science Education Standards*. Washington, DC: National Academy Press.
- Oldroyd, D. R. (1977). Teaching the history of chemistry in New South Wales secondary schools. *The Australian Science Teachers Journal*, 23(2), 9-22.
- Owens, R.G. (1991). *Organizational Behavior in Education*. Boston: Allyn and Bacon.
- Oudshoff, A.M., Bosloper, I.E., Klos T.B., & Spaanenburg L. (2003). Knowledge discovery in virtual community texts: clustering virtual communities. *Journal of Intelligent and Fuzzy Systems*. 14(1), 13–24.
- Palmquist, B. C. (1993). *Preservice teachers' views of the nature of science during a postbaccalaureate science teaching program*. Unpublished doctoral dissertation, University of Minnesota.
- Paavola, S., Lipponen, L., & Hakkarainen, K. (2004). Models of Innovative Knowledge Communities and Three Metaphors of Learning. *Review of Educational Research*, 74(4), 557-577.
- Palloff, R., & Pratt, K. (2001). *Lessons from the cyberspace classroom: The realities of online teaching*. San Francisco: Jossey-Bass.
- Porter, C. E. (2004). A typology of virtual communities: A multi-disciplinary foundation for future research. *Journal of Computer-Mediated Communication* 10 (1). Retrieved October 8, 2009, from the World Wide Web : <http://jcmc.indiana.edu/vol10/issue1/porter.html>.
- Piaget, J. (1948). *The moral judgement of the child*. Gelence, IL: Free Press.
- Parrish, R. (2002). The Changing Nature of Community. *Strategies* 15, 259–284.
- Parker, R. E. (1985). Small-group cooperative learning-improving academic,

- social gains in the classroom. *NASS Bulletin*, 69(479), 18-57.
- Reigeluth, C. M. (1983). *Instructional-design theories and models*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Roschelle, J.(2006). *Effective integration of dynamic representations and collaboration to enhance mathematics and science learning*. Retrieved October 20, 2009, from the World Wide Web :
http://cmslive.curriculum.edu.au/verve/_resources/Roschelle_Paper.pdf.
- Rubba, P.A., & Andersen, H. O. (1978). Development of an instrument to assess secondary school students' understanding of the nature of scientific knowledge. *Science Education*, 62(4), 449-458.
- Relan, A., & Gillani, B. B. (1997). Web-based instruction and the traditional classroom: similarities and differences. In: B. H. Khan (Ed.), *Web-based instruction* (pp. 41–46). Englewood Cliffs, NJ: Educational Technology Publications.
- Roach, L. E., & Wandersee, J. H. (1993). Short Story Science: Using Historical Vignettes as a Teaching Tool. *The Science Teacher*, 9, 18-21.
- Schecker, H. P. (1992). The paradigmatic change in mechanics: Implication of historical processes for physics education. *Science and Education*, 1(1), 71-76.
- Stahl, G. (2000). A model of collaborative knowledge-building. In B. Fishman & S. O'Connor-Divelbiss (Eds.), *Proceedings of the Fourth International Conference of the Learning Sciences* (pp. 70-77). Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Stahl, G. (2003). Meaning and interpretation in collaboration. In B. Wasson, S. Ludvigsen & U. Hoppe (Eds.), *Designing for change in networked environments* (pp. 523-532). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
 Retrieved December 10, 2009, from the World Wide Web :
<http://www.cis.drexel.edu/faculty/gerry/cscl/papers/ch20.pdf>.
- Stahl, G. (2007). *Meaning making in CSCL: Conditions and preconditions for cognitive processes by groups*. Paper presented at the international conference on Computer-Supported Collaborative Learning (CSCL2007), Brunswick, NJ.

- Sawyer, K. (Ed.). (2006). *The Schools of the Future. Cambridge handbook of the learning sciences*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Slavin, R. E. (1994). *A practical guide to cooperative learning*. Massachusetts: Allyn & Bacon.
- Slavin, R. E. (1995). *Cooperative Learning: theory, research, and practice (2nd ed.)*. Boston: Allyn & Bacon.
- Slavin, R. E. (2000). *Educational psychology: Theory and practice (6th ed.)*. Boston: Allyn & Bacon.
- Scardamalia, M. (2002). Collective cognitive responsibility for the advancement of knowledge. In B. Smith (Ed.), *Liberal education in a knowledge society* (pp. 67-98). Chicago: Open Court.
- Scardamalia, M. (2004). CSILE/Knowledge Forum®. In *Education and technology: An encyclopedia* (pp. 183-192). Santa Barbara: ABC-CLIO.
- Silva, M. & Breuleux, A. (1994). The use of participatory design in the implementation of internet-based collaborative learning activities in K-12 classrooms. *Interpersonal Computing and Technology: An Electronic Journal for the 21st Century*, 2 (pp. 99-128). Retrieved December 10, 2009, from:
<http://www.helsinki.fi/science/optek/1994/n3/silva.txt>
- Scardamalia, M., & Bereiter, C. (2006). Knowledge building: Theory, pedagogy, and technology. In Sawyer (Ed.), *Cambridge handbook of the learning sciences* (pp. 97-118).
- Scardamalia, M., & Bereiter, C. (2003). Knowledge building. In *Encyclopedia of Education* (2nd ed., pp. 1370-1373). New York: Macmillan Reference, USA.
- Scardamalia, M., Bereiter, C., & Lamon, M. (1994). The CSILE project: Trying to bring the classroom into World 3. In K. McGilley (Eds.), *Classroom lessons: Integrating cognitive theory and classroom practice* (pp. 201-228). Cambridge, MA: MIT Press.
- Stahl, G., Koschmann, T., & Suthers, D. (2006). Computer-Supported Collaborative Learning. In Sawyer (Ed.), *Cambridge handbook of the*

- learning sciences* (pp. 409-425).
- Sharan, S., Shaulov A. (1990). Cooperative Learning, Motivation to Learning, and Academic Achievement. In S. Sharan(Ed), *Cooperative Learning: Theory and Research*.(pp173-202.) NY: Praeger Publishers.
- Sorensen, E. & Takle, E. (2001). Collaborative knowledge building in web-based learning: Assessing the quality of dialogue. In *Proceedings of World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia and Telecommunications (ED-MEDIA 2001)* (pp. 1772–1777). Chesapeake, VA: Association for the Advancement of Computing in Education.
- Trilling, B. & Hood, P. (1999). Learning, technology, and educational reform in the knowledge age or “We’re wired, webbed, and windowed, now what?”. *Educational Technology*, 39(3): 5-18.
- Tomlinson, H., & Henderson, W. (1995). Computer supported collaborative learning in schools: a distributed approach, *British Journal of Education Technology*, 26(2),133-140.
- Vygotsky. (1978). *Mind in society : the development of higher psychological processes*. Cambridge : Harvard University Press.
- Wenger, E.(1998). *Communities of practice: Learning, meaning, and identity*. Cambridge: England University Press.
- Wittrock, M. C. (1978). The cognitive movement in instruction. *Educational Psychology*, 13, 15-29.
- Webbs, N. M. (1985). Peer interaction and learning in small groups. *International Journal of Educational Research*, 13, 21-39.
- Welch, W. W. (1966). *Welch science process inventory*, form D. Minneapolis, MN: Minnesota Research and Evaluation Center, University of Minnesota.
- Wang, H. A., & Marsh, D. D. (2002). Science instruction with a humanistic twist: Teachers’ perception and practice in using the history of science in their classroom. *Science and Education*, 11(2), 169-189.
- Wenger, E., McDermott, R.& Snyder, W. M.(2002). *Cultivating communities of practice*. Boston: Harvard Business School Press.

Zurita, G., & Nussbaum, M. (2004). Computer supported collaborative learning using wirelessly interconnected handheld computers. *Computers & Education*, 42(3), 289-314.

Zurita, G., & Nussbaum, M. (2004). Computer supported collaborative learning using wirelessly interconnected handheld computers. *Computers & Education*, 42, 289-314.

